

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日  
Date of Application:

2002年 9月 6日

出 願 番 号  
Application Number:

特願2002-262152

[ ST.10/C ]:

[ JP2002-262152 ]

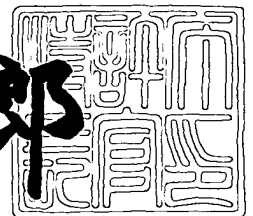
出 願 人  
Applicant(s):

シャープ株式会社

2003年 6月17日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田 信一郎



出証番号 出証特2003-3047281

【書類名】 特許願

【整理番号】 02J02569

【提出日】 平成14年 9月 6日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G09F 9/35

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

【氏名】 荻島 清志

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

【氏名】 久保 真澄

【特許出願人】

【識別番号】 000005049

【氏名又は名称】 シャープ株式会社

【代理人】

【識別番号】 100080034

【弁理士】

【氏名又は名称】 原 謙三

【電話番号】 06-6351-4384

【選任した代理人】

【識別番号】 100113701

【弁理士】

【氏名又は名称】 木島 隆一

【選任した代理人】

【識別番号】 100115026

【弁理士】

【氏名又は名称】 圓谷 徹

【選任した代理人】

【識別番号】 100116241

【弁理士】

【氏名又は名称】 金子 一郎

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 003229

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0208489

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 液晶表示装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 基板と第 2 基板との間に設けられた液晶層を有し、当該液晶層は、上記第 1 基板に設けられた第 1 電極と、上記第 2 基板に設けられ、上記第 1 電極に上記液晶層を介して対向する第 2 電極との間に電圧が印加されていないときに垂直配向状態をとり、しかも、上記第 1 電極と上記第 2 電極との間に電圧が印加されたときに、上記液晶層は捩じれ構造をとりながら、上記基板に対して平行に配向する状態をとる液晶表示装置において、

上記液晶層の厚み  $d$  と液晶の自然の捩じれピッチ  $p$  との比率を  $d/p$ 、上記第 1 および第 2 電極の間に印加される最大印加実効電圧を  $V_{max}$  [V]、上記液晶層の屈折率異方性を  $\Delta n$  とするとき、

上記  $d/p$  は、 $0.0021 \times (V_{max})^2 - 0.0458 \times (V_{max}) + 0.65$  と、 $0.0021 \times (V_{max})^2 - 0.0458 \times (V_{max}) + 0.50$  との間の値に設定され、

$d \cdot \Delta n / \lambda$  は、 $-0.00026 \times (V_{max})^3 + 0.016 \times (V_{max})^2 - 0.2281 \times (V_{max}) + 2.124$  と、 $-0.00026 \times (V_{max})^3 + 0.016 \times (V_{max})^2 - 0.2281 \times (V_{max}) + 1.7603$  との間の値に設定されていることを特徴とする液晶表示装置。

【請求項 2】

上記  $d \cdot \Delta n / \lambda$  は、 $-0.00026 \times (V_{max})^3 + 0.016 \times (V_{max})^2 - 0.2281 \times (V_{max}) + 2.041$  と、 $-0.00026 \times (V_{max})^3 + 0.016 \times (V_{max})^2 - 0.2281 \times (V_{max}) + 1.891$  との間の値に設定されていることを特徴とする請求項 1 記載の液晶表示装置。

【請求項 3】

上記  $d/p$  は、 $0.0021 \times (V_{max})^2 - 0.0458 \times (V_{max}) + 0.63$  と、 $0.0021 \times (V_{max})^2 - 0.0458 \times (V_{max}) +$

0. 5 3 との間の値に設定されていることを特徴とする請求項 1 記載の液晶表示装置。

【請求項 4】

上記液晶層には、上記第 1 および第 2 電極によって規定される絵素領域が設けられており、

当該絵素領域には、電圧印加時に液晶分子が放射状または軸対称に配向する液晶ドメインが、少なくとも 1 つ設けられていることを特徴とする請求項 1 記載の液晶表示装置。

【請求項 5】

上記液晶層には、上記第 1 および第 2 電極によって規定される絵素領域が設けられており、

上記絵素領域に対応する第 1 電極には、開口部が形成されており、上記第 1 および第 2 電極間に電圧が印加されたときに当該開口部のエッジ部に形成される斜め電界により液晶分子の配向方向が制御される液晶ドメインを、当該開口部と残余の中実部とのそれぞれに形成することを特徴とする請求項 1 記載の液晶表示装置。

【請求項 6】

上記開口部は、絵素領域毎に複数設けられており、各開口部と、上記中実部のうち、上記開口部によって囲まれた単位中実部とに、それぞれ、上記液晶ドメインが形成されることを特徴とする請求項 5 記載の液晶表示装置。

【請求項 7】

上記複数の開口部は、略等しい形状、かつ、略等しい大きさに形成されており、上記各開口部によって、回転対称性を有するように配置された単位格子が形成されていることを特徴とする請求項 6 記載の液晶表示装置。

【請求項 8】

上記各開口部の少なくとも 1 つは、回転対称性を有する形状であることを特徴とする請求項 6 記載の液晶表示装置。

【請求項 9】

上記各開口部の少なくとも 1 つは、略円形であることを特徴とする請求項 6 記

載の液晶表示装置。

【請求項 1 0】

上記各单位中実部の少なくとも 1 つは、略円形であることを特徴とする請求項 6 記載の液晶表示装置。

【請求項 1 1】

上記各单位中実部の少なくとも 1 つは、角部が略円弧状の略矩形であることを特徴とする請求項 6 記載の液晶表示装置。

【請求項 1 2】

上記液晶層は、誘電率異方性  $\Delta \epsilon$  が  $-2.5$  から  $-6.5$  までの値であり、弾性定数比  $K_{11}/K_{33}$  が  $0.9$  から  $2.0$  までの値であることを特徴とする請求項 1 記載の液晶表示装置。

【請求項 1 3】

上記第 1 電極は、複数の絵素領域に対応して、それぞれ設けられた絵素電極であり、

上記第 1 基板には、上記各絵素領域のそれぞれに対応して設けられ、それぞれの第 1 電極をスイッチングするアクティブ素子が備えられていることを特徴とする請求項 1 記載の液晶表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、垂直配向モードの液晶表示装置に関するものである。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

従来から、液晶表示装置は、ワードプロセッサやコンピュータの画面として広く使用されており、近年では、テレビの画面としても急速に普及している。これらの液晶表示装置の多くは、TN (Twisted Nematic) モードを採用しているが、当該液晶表示装置には、斜め方向から見たときに、コントラストが低下しやすく、階調特性が反転しやすいという問題がある。

【0 0 0 3】

したがって、近年では、斜め方向からの視角特性を向上させるために、V A (Verticically Alignment) モードの液晶表示装置が注目されるようになっている (例えば、後述の特許文献 1 参照)。当該モードの液晶表示装置の液晶セルは、負の誘電率異方性を有するネマチック液晶と垂直配向膜とを組み合わせで構成されている。

## 【 0 0 0 4 】

上記電圧無印加状態では、液晶分子が垂直方向に配向している。この状態の液晶層に、偏光板から直線偏光が入射されると、液晶層が複屈折異方性を殆ど持たないので、偏光状態を維持したままの直線偏光が出射され、液晶層の反対側に配された偏光板で吸収される。この結果、液晶表示装置は、黒表示できる。

## 【 0 0 0 5 】

一方、電圧が印加されると、液晶層の液晶分子は、印加電圧に応じて傾斜する。このとき、例えば、後述の特許文献 1 に示すように、液晶分子が放射状配向するように構成されている場合、同一絵素領域内であっても、液晶分子の配向方向は、連続的に変化する。

## 【 0 0 0 6 】

また、これらの液晶表示装置の中には、カイラル剤を添加することによって、通常の捩じれ配向のように、液晶層の厚さ方向に沿って液晶分子の配向が螺旋状に変化させることによって、暗視野部分を減少させ、液晶表示装置としての明るさを向上させたものも考案されている。

## 【 0 0 0 7 】

## 【特許文献 1】

特開 2 0 0 0 - 4 7 2 5 1 号公報 (公開日 : 2000 年 2 月 1 8 日)

## 【 0 0 0 8 】

## 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記の特許文献 1 では、例えば、【 0 0 3 9 】 段落に示すように、カイラルピッチが 1 8 [  $\mu$  m ]、セル厚のおおむね 4 倍のピッチになるようにカイラル剤を添加し、電圧印加時にツイスト角 9 0 ° になるように設定されているが、本条件では、消光模様が顕著に残り、その消光模様の消光領域、及び消

光量が大きく、結果として透過強度の低下が発生し、輝度低下を招くことが問題となっている。

#### 【0009】

本発明は、上記の問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、垂直配向モードの液晶表示装置において、クロスニコルに配置した2枚の偏光板の偏光軸方向と、電圧印加時の液晶分子の配向方向との関係とにより発生する消光模様を完全に使用者が認識できないところまで抑制し、また、透過強度を最大限に利用できる光学物性値をもとめ、透過強度の高い、つまり、輝度の高い、液晶表示装置を提供することにある。

#### 【0010】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明に係る液晶表示装置は、第1基板と第2基板との間に設けられた液晶層を有し、当該液晶層は、上記第1基板に設けられた第1電極と、上記第2基板に設けられ、上記第1電極に上記液晶層を介して対向する第2電極との間に電圧が印加されていないときに垂直配向状態をとり、しかも、上記第1電極と上記第2電極との間に電圧が印加されたときに、上記液晶層は捩じれ構造をとりながら、上記基板に対して平行に配向する状態をとる液晶表示装置において、上記課題を解決するために、以下の手段を講じたことを特徴としている。すなわち、上記液晶層の厚み $d$ と液晶の自然の捩じれピッチ $p$ との比率を $d/p$ 、上記第1および第2電極の間に印加される最大印加実効電圧を $V_{max}$  [V]、上記液晶層の屈折率異方性を $\Delta n$ とすると、上記 $d/p$ は、 $0.0021 \times (V_{max})^2 - 0.0458 \times (V_{max}) + 0.65$ と、 $0.0021 \times (V_{max})^2 - 0.0458 \times (V_{max}) + 0.50$ との間の値に設定されている。さらに、 $d \cdot \Delta n / \lambda$ は、 $-0.00026 \times (V_{max})^3 + 0.016 \times (V_{max})^2 - 0.2281 \times (V_{max}) + 2.124$ と、 $-0.00026 \times (V_{max})^3 + 0.016 \times (V_{max})^2 - 0.2281 \times (V_{max}) + 1.7603$ との間の値に設定されている。

#### 【0011】

上記構成では、第1および第2電極の間に電圧が印加されていない場合、液晶



層の液晶分子は、垂直配向状態にあるので、複屈折効果および旋光効果が発生せず、液晶層を透過する光の状態を殆ど変更せずに出射する。一方、電圧が印加されると、液晶層は捩じれ構造をとりながら、上記液晶分子が基板に対して平行に配向された状態になり、複屈折効果および旋光効果が発生する。この結果、電圧が印加されていないときと電圧が印加されているときとで、液晶層が出射する光の状態を変更でき、電圧に応じて、表示状態を変更できる。

## 【 0 0 1 2 】

さらに、本願発明者は、垂直配向モードの液晶表示装置において、これまで、クロスニコルに配置した偏光板の偏光軸方向と、電圧印加時の液晶分子配向方向との関係により発生していた消光模様を使用者が認識できない程度にまで削減すべく、また、透過強度を最大限に利用できる光学物性値について、研究を重ねた結果、(1) 垂直配向モードの液晶表示装置では、電圧が印加されていないときに垂直配向状態にするために、液晶分子へ予め与えられた規制力によって、基板近傍の液晶分子は、電圧印加時にも垂直配向状態を維持していること、(2) これにより、複屈折効果および旋光効果を発生させる液晶分子が存在する領域の厚みは、実際の液晶層の厚みよりも薄いこと、並びに、(3) 上記領域の厚みは、印加電圧によって変化することを見い出し、本発明を完成させるに至った。

## 【 0 0 1 3 】

すなわち、本発明の液晶表示装置では、液晶層の  $d/p$  および  $d \cdot \Delta n / \lambda$  が、上記範囲、すなわち、第 1 および第 2 電極に印加される最大印加実効電圧に応じ、しかも、電圧印加時には、基板近傍の液晶分子も傾斜配向することを想定して設定された値よりも大きな範囲に設定されている。この結果、前記消光模様を使用者が認識できない程度にまで抑制可能となり、消光模様が認識される場合よりも、より明るい表示が可能で、表示品位の高い液晶表示装置を実現できる。ここで、本発明によって低減できる消光模様は、絵素内での電極上に発生する消光模様である。

## 【 0 0 1 4 】

さらに、上記構成に加えて、上記  $d \cdot \Delta n / \lambda$  は、 $-0.00026 \times (V_{max})^3 + 0.016 \times (V_{max})^2 - 0.2281 \times (V_{max}) + 2.0$

41と、 $-0.00026 \times (V_{max})^3 + 0.016 \times (V_{max})^2 - 0.2281 \times (V_{max}) + 1.891$ との間の値に設定されていてもよい。また、当該構成に代えて、または、加えて、上記  $d/p$  は、 $0.0021 \times (V_{max})^2 - 0.0458 \times (V_{max}) + 0.63$ と、 $0.0021 \times (V_{max})^2 - 0.0458 \times (V_{max}) + 0.53$ との間の値に設定されていてもよい。これらの構成では、液晶層の  $d/p$  および  $d \cdot \Delta n / \lambda$  が上述のように設定されているので、さらに明るい表示が可能な液晶表示装置を実現できる。

## 【0015】

さらに、上記構成に加えて、上記液晶層には、上記第1および第2電極によって規定される絵素領域が設けられており、当該絵素領域には、電圧印加時に液晶分子が放射状または軸対称に配向する液晶ドメインが、少なくとも1つ設けられていてもよい。なお、放射状配向の中心は、液晶ドメインの中心であってもよいし、中心からズレた位置であってもよい。一方、上記構成に代えて、上記液晶層には、上記第1および第2電極によって規定される絵素領域が設けられており、上記絵素領域に対応する第1電極には、開口部が形成されており、上記第1および第2電極間に電圧が印加されたときに当該開口部のエッジ部に形成される斜め電界により液晶分子の配向方向が制御される液晶ドメインを、当該開口部と残余の中実部とのそれぞれに形成してもよい。

## 【0016】

これらの構成では、絵素領域に液晶ドメインが設けられ、当該液晶ドメインでは、電圧印加時に、液晶分子が放射状または軸対称に配向する。したがって、液晶ドメインにおいて、液晶分子の配向方向が互いに異なる領域同士が、光学的に補償し合う。この結果、液晶表示装置の使用者が、いずれの方向から液晶表示装置を見たとしても、絵素領域全体でみると、出射光の強度（絵素の明るさ）が略同じになり、視野角特性の良好な液晶表示装置を実現できる。

## 【0017】

ここで、液晶分子が放射状または軸対称に配向すると、それらの中には、偏光板の偏光軸の方向と、配向方向の面内成分が一致する液晶分子が含まれてしまう。ところが、上記構成では、 $d/p$  および  $d \cdot \Delta n / \lambda$  を上述の範囲に設定する

ことによって、これらの液晶分子に起因する消光模様の発生を、使用者が視認できない程度に抑制できる。したがって、視野角特性と表示品位との双方が良好な液晶表示装置を実現できる。

## 【 0 0 1 8 】

特に、開口部を設けた構成では、開口部に形成される液晶ドメインと中実部に形成される液晶ドメインとは、開口部のエッジ部に生成される斜め電界によって形成されるので、これらは、互いに隣接して形成され、かつ、隣接する液晶ドメイン間の液晶分子の配向は、本質的に連続している。この結果、開口部に形成される液晶ドメインと中実部に形成される液晶ドメインとの間には、ディスクリネーションラインが形成されず、それによる表示品位の低下も発生しない。また、隣接する液晶ドメイン間の液晶分子の配向が本質的に連続しているので、液晶分子の配向の安定性も高いレベルに維持できる。

## 【 0 0 1 9 】

さらに、上記開口部が形成された構成の場合、上記開口部は、絵素領域毎に複数設けられており、各開口部と、上記中実部のうち、上記開口部によって囲まれた単位中実部とに、それぞれ、上記液晶ドメインが形成されていてもよい。

## 【 0 0 2 0 】

当該構成では、絵素領域に複数の開口部が設けられているので、開口部が1つの場合と比較すると、絵素領域の大きさが同じ場合、開口部の大きさを小さくできる。この結果、上記斜め電界の影響を直接的に受ける液晶層の面積（基板法線方向から見たときの面積）を大きくできる。これにより、液晶分子に対する配向規制力を向上しながら、液晶層の電圧に対する光学特性（例えば、透過強度）を向上できる。

## 【 0 0 2 1 】

また、上記構成に加えて、上記複数の開口部は、略等しい形状、かつ、略等しい大きさに形成されており、上記各開口部によって、回転対称性を有するように配置された単位格子が形成されていてもよい。例えば、それぞれの開口部の中心が正方格子を形成するように、開口部を配置してもよい。なお、1つの絵素領域が、例えば、補助容量配線のように不透明な構成要素によって分割される場合に

は、表示領域に寄与する領域毎に単位格子を配置すればよい。

【 0 0 2 2 】

当該構成では、単位格子が回転対称性を有するように配置されているので、単位格子を単位として、複数の液晶ドメイン同士が高い対称性で配置される。したがって、表示品位の1つである視角依存性を改善することができる。また、絵素領域全体を単位格子に分割することによって、絵素領域の全体に渡って、液晶層の配向を安定化できる。

【 0 0 2 3 】

さらに、上記構成に加えて、上記各開口部の少なくとも1つ（典型的には、上記単位格子を形成する開口部）は、回転対称性を有する形状であってもよい。例えば、それぞれの開口部の形状（基板法線方向から見たときの形状）は、略円形であってもよいし、略正多角形（例えば、略正方形）であってもよい。

【 0 0 2 4 】

これらの構成では、上記開口部の形状が回転対称性を有しているので、開口部に形成される液晶ドメインの放射状傾斜配向の安定性を高めることができる。特に、略円形に形成されている場合は、開口部に形成される液晶ドメインの放射状傾斜配向の安定性をさらに向上できる。

【 0 0 2 5 】

一方、上記各单位中実部の少なくとも1つは、略円形であってもよい。当該構成では、単位中実部に形成される液晶ドメインの放射状傾斜配向の安定性を向上できる。

【 0 0 2 6 】

なお、いずれの場合においても、上記絵素領域のそれぞれにおいて、上記第1電極に形成される開口部の面積の合計が、中実部の面積より小さいことが好ましい。中実部の面積が大きいほど、電極によって生成される電界の影響を直接的に受ける液晶層の面積（基板法線方向から見たときの面積）が大きくなるので、液晶層の電圧に対する光学特性（例えば透過強度）が向上する。

【 0 0 2 7 】

例えば、開口部が略円形となる構成と、単位中実部が略円形となる構成とのう

ち、中実部の面積を大きくできる方を選択する方が望ましい。これにより、他方を選択する場合に比べて、電極によって生成される電界の影響を直接的に受ける液晶層の面積（基板法線方向から見たときの面積）を拡大でき、液晶層の電圧に対する光学特性（例えば、透過強度）を向上できる。典型的には、上記単位格子のピッチが約 25 [ $\mu\text{m}$ ] を超える場合は、中実部が略円形になるように、開口部を生成することが好ましく、約 25 [ $\mu\text{m}$ ] を超えない場合は、開口部を略円形に形成することが好ましい。

## 【 0 0 2 8 】

また、上記各単位中実部の少なくとも 1 つは、角部が略円弧状の略矩形であってもよい。当該構成では、単位中実部に形成される液晶ドメインの放射状傾斜配向の安定性を向上できると共に、透過率（実効開口率）を向上できる。

## 【 0 0 2 9 】

さらに、上記液晶層は、誘電率異方性  $\Delta\epsilon$  が -2.5 から -6.5 までの値であり、弾性定数比  $K_{11}/K_{33}$  が 0.9 から 2.0 までの値であってもよい。これにより、 $d/p$  および  $d \cdot \Delta n / \lambda$  を上記範囲に設定したときの透過強度をさらに向上でき、さらに明るい表示が可能な液晶表示装置を実現できる。

## 【 0 0 3 0 】

また、上記第 1 電極は、複数の絵素領域に対応して、それぞれ設けられた絵素電極であり、上記第 1 基板には、上記各絵素領域のそれぞれに対応して設けられ、それぞれの第 1 電極をスイッチングするアクティブ素子が備えられていてもよい。

## 【 0 0 3 1 】

このように、アクティブマトリクス型の液晶表示装置とすれば、単純マトリクス型の液晶表示装置に比べて、高精細表示、高輝度化が可能となり、表示品位の良好な液晶表示装置を実現できる。

## 【 0 0 3 2 】

さらに、開口部を設ける構成の場合は、液晶層を介して互いに対向するように設けられる一対の電極の内的一方にだけ、開口部を設けるだけで、安定した放射状傾斜配向を実現することができる。したがって、公知の製造方法において、導

電膜を絵素電極の形状にパターンニングする際に、所望の形状の開口部が所望の配置で形成されるように、フォトマスクを修正するだけで、上記液晶表示装置を製造することができる。

## 【 0 0 3 3 】

## 【発明の実施の形態】

本発明の一実施形態について図 1 ないし図 5 0 に基づいて説明すると以下の通りである。すなわち、本実施形態に係る液晶表示装置は、面積透過強度が高いにも拘わらず、消光模様が発生せず、良好な品質の表示が可能な液晶表示装置であって、図 2 に示すように、垂直配向モードの液晶セル 1 0 0 と、当該液晶セル 1 0 0 の両側に配された偏光板 1 0 1 ・ 1 0 2 とを備えている。

## 【 0 0 3 4 】

上記液晶セル 1 0 0 は、アクティブマトリクス基板（以下「薄膜トランジスタ（TFT）基板」と呼ぶ。）1 0 0 a と、対向基板（「カラーフィルタ基板」とも呼ぶ）1 0 0 b と、TFT 基板 1 0 0 a と対向基板 1 0 0 b との間に設けられた液晶層 3 0 とを有している。なお、上記 TFT 基板 1 0 0 a および対向基板 1 0 0 b が特許請求の範囲に記載の第 1 および第 2 基板に対応する。

## 【 0 0 3 5 】

上記液晶層 3 0 は、負の誘電率異方性を有するネマチック液晶材料にカイラル剤を添加した材料によって形成されている。また、カイラル材の添付量は、液晶層 3 0 の  $d/p$  が後述する数値範囲になるように設定されており、液晶層 3 0 の  $d \cdot \Delta n / \lambda$  も後述する数値範囲になるように設定されている。

## 【 0 0 3 6 】

ここで、上記液晶層 3 0 の液晶分子 3 0 a は、TFT 基板 1 0 0 a および対向基板 1 0 0 b の液晶層 3 0 側の表面に設けられた垂直配向層 1 3 および 2 3 によって、液晶層 3 0 に電圧が印加されていないとき、図 2 に示す液晶分子 3 0 a の状態のように、垂直配向膜 1 3 ・ 2 3 の表面に対して垂直に配向する。このとき、液晶層 3 0 は、垂直配向状態にあるという。

## 【 0 0 3 7 】

なお、垂直配向状態にある液晶層 3 0 の液晶分子 3 0 a は、垂直配向膜 1 3 ・

2 3 の種類や液晶材料の種類によって、垂直配向膜 1 3 ・ 2 3 の表面（基板の表面）の法線から若干傾斜することがあるが、一般には、液晶分子 3 0 a が、垂直配向膜 1 3 ・ 2 3 の表面に対して、略垂直に配向した状態、すなわち、液晶分子 3 0 a の液晶分子軸（「軸方位」とも言う）が約  $85^{\circ} \sim 90^{\circ}$  の角度で配向した状態を垂直配向状態と称する。

#### 【 0 0 3 8 】

液晶セル 1 0 0 の T F T 基板 1 0 0 a は、透明基板（例えばガラス基板） 1 1 と、その表面に形成された絵素電極（第 1 電極） 1 2 と、T F T 基板 1 0 0 a の液晶層 3 0 側表面に形成された垂直配向膜 1 3 とを有している。一方、対向基板 1 0 0 b は、透明基板（例えばガラス基板） 2 1 と、その表面に形成された対向電極（第 2 電極） 2 2 と、対向基板 1 0 0 b の液晶層 3 0 側表面に形成された垂直配向膜 2 3 とを有している。絵素領域毎の液晶層 3 0 の配向状態は、液晶層 3 0 を介して互いに対向するように配置された絵素電極 1 2 と対向電極 2 2 とに印加される電圧に応じて、変化する。液晶層 3 0 の配向状態の変化に伴い、液晶層 3 0 を透過する光の偏光状態や量が変化する現象を利用して表示が行われる。

#### 【 0 0 3 9 】

なお、以下では、表示の最小単位である「絵素」に対応する液晶表示装置の領域を「絵素領域」と呼ぶ。カラー液晶表示装置においては、R, G, B の「絵素」が 1 つの「画素」に対応する。絵素領域は、アクティブマトリクス型液晶表示装置においては、絵素電極と絵素電極に対向する対向電極とによって、絵素領域が規定される。また、後述する単純マトリクス型液晶表示装置においては、ストライプ状に設けられる列電極と列電極に直交するように設けられる行電極とが互いに交差する領域それぞれによって、絵素領域が規定される。なお、ブラックマトリクスが設けられる構成においては、厳密には、表示すべき状態に応じて電圧が印加される領域のうち、ブラックマトリクスの開口部に対応する領域が絵素領域に対応することになる。

#### 【 0 0 4 0 】

以下では、液晶セル 1 0 0 の好適な構成例として、片側の基板（1 0 1 a）側の一絵素領域内に、複数の区切られた電極（サブピクセル）を形成することによ

り、電界に対して閉じられた領域を形成し、その電極エッジで発生する斜め電界により、配向制御を行う場合について、詳細に説明する。

#### 【0041】

すなわち、上記絵素電極12は、導電膜（例えばITO膜）から形成されており、絵素電極12には、例えば、導電膜を除去するなどして、図3に示すように、複数の開口部12aが形成されている。なお、図3は、基板法線方向から見た上面図であり、図2は、図3の1B-1B'線に沿った矢視断面図である。また、以下では、導電膜が存在する部分（開口部12a以外の部分）を中実部12bと称する。上記開口部12aは、1つの絵素電極12毎に複数形成されているが、上記中実部12bは、基本的には、連続した単一の導電膜から形成されている。

#### 【0042】

本実施形態では、上記複数の開口部12aは、それぞれの中心が正方格子を形成するように配置されており、1つの単位格子を形成する4つの格子点上に中心が位置する4つの開口部12aによって実質的に囲まれる中実部（「単位中実部」と称する）12cは、略円形の形状を有している。それぞれの開口部12aは、4つの4分の1円弧状の辺（エッジ）を有し、且つ、その中心に4回回転軸を有する略星形に形成されている。

#### 【0043】

なお、絵素領域Aの全体に渡って配向を安定させるために、絵素電極12の端部まで、単位格子を形成することが好ましい。したがって、図3に示すように、絵素電極12の端部は、開口部12aの約2分の1（辺に対応する領域）および開口部12aの約4分の1（角に対応する領域）に相当する形状に、パターンニングされていることが好ましい。一方、絵素領域Aの中央部に位置する開口部12aは、実質的に同じ形状で同じ大きさに形成されている。一方、開口部12aによって形成される単位格子内に位置する単位中実部12cは、略円形であり、実質的に同じ形状で同じ大きさである。また、互いに隣接する単位中実部12cは、互いに接続されており、これらの単位中実部12cによって、実質的に単一の導電膜として機能する中実部12bが構成されている。



## 【 0 0 4 4 】

上述したような構成を有する絵素電極 1 2 と対向電極 2 2 との間に電圧を印加すると、開口部 1 2 a のエッジ部に生成される斜め電界によって、それぞれが放射状傾斜配向を有する複数の液晶ドメインが形成される。液晶ドメインは、それぞれの開口部 1 2 a に対応する領域と、単位中実部 1 2 c に対応する領域とに、それぞれ 1 つずつ形成される。

## 【 0 0 4 5 】

上記構成の液晶セル 1 0 0 において、絵素電極 1 2 と対向電極 2 2 とが同電位するとき（液晶層 3 0 に電圧が印加されていない状態）には、図 2 に示すように、絵素領域内の液晶分子 3 0 a は、両基板 1 0 0 a および 1 0 0 b の表面に対して垂直に配向している。

## 【 0 0 4 6 】

一方、液晶層 3 0 に電圧を印加すると、図 4 に示すように、液晶層 3 0 には、等電位線 E Q（電気力線と直交する）で表現される電位勾配が形成される。この等電位線 E Q は、液晶層 3 0 のうち、絵素電極 1 2 の中実部 1 2 b と対向電極 2 2 との間に位置する領域では、中実部 1 2 b および対向電極 2 2 の表面に対して平行である。これに対して、絵素電極 1 2 の開口部 1 2 a に対応する領域では、開口部 1 2 a 側に落ち込む。したがって、液晶層 3 0 のうち、開口部 1 2 a のエッジ部（開口部 1 2 a 内の周辺部、および、開口部 1 2 a と中実部 1 2 b との境界部）E G 上の領域には、図中、傾斜した等電位線 E Q で表されるように、斜め電界が形成される。

## 【 0 0 4 7 】

ここで、負の誘電率異方性を有する液晶分子 3 0 a には、液晶分子 3 0 a の軸方位を等電位線 E Q に対して平行（電気力線に対して垂直）に配向させようとするトルクが作用する。したがって、エッジ部 E G 上の液晶分子 3 0 a は、図 4 に矢印で示したように、図中の右側エッジ部 E G では時計回り方向に、図中の左側エッジ部 E G では反時計回り方向に、それぞれ傾斜（回転）する。これにより、液晶層 3 0 の液晶分子 3 0 a は、図 5 に示すように、単位中実部 1 2 c の中央部と開口部 1 2 a の中央部とを除き、等電位線 E Q に平行に配向する。なお、図 4

は、液晶層 3 0 に印加された電圧に応じて、液晶分子 3 0 a の配向が変化し始めた状態（ON 初期状態）を模式的に示しており、図 5 は、印加された電圧に応じて変化した液晶分子 3 0 a の配向が定常状態に達した状態を模式的に示している。

#### 【 0 0 4 8 】

より詳細に説明すると、図 6 に示したように、液晶分子 3 0 a の軸方位に対して垂直な等電位線 E Q で表される電界が発生すると、液晶分子 3 0 a には時計回りまたは反時計回り方向に傾斜させるトルクが等しい確率で作用する。したがって、互いに対向する平行平板型配置の電極間にある液晶層 3 0 内には、時計回り方向のトルクを受ける液晶分子 3 0 a と、反時計回りに方向のトルクを受ける液晶分子 3 0 a とが混在し、液晶層 3 0 に印加された電圧に応じた配向状態への変化がスムーズに起こらないことがある。

#### 【 0 0 4 9 】

ところが、本実施形態では、エッジ部 E G 上の領域に斜め電界が形成される。このように、液晶分子 3 0 a の軸方位に対して傾斜した等電位線 E Q で表される電界（斜め電界）が発生すると、図 7 に示すように、液晶分子 3 0 a は、等電位線 E Q と平行になるための傾斜量が少ない方向（図示の例では反時計回り）に傾斜する。

#### 【 0 0 5 0 】

一方、液晶分子 3 0 a の軸方位に対して垂直方向の等電位線 E Q で表される電界が発生する領域に位置する液晶分子 3 0 a は、図 8 に示したように、傾斜した等電位線 E Q 上に位置する液晶分子 3 0 a と配向が連続となるように（整合するように）、傾斜した等電位線 E Q 上に位置する液晶分子 3 0 a と同じ方向に傾斜する。したがって、図 9 に示すように、等電位線 E Q が連続した凹凸形状を形成する電界が印加されると、平坦な等電位線 E Q 上に位置する液晶分子 3 0 a は、以下の配向方向、すなわち、当該等電位線 E Q に連続し、かつ、液晶分子 3 0 a に対して傾斜した等電位線 E Q の上に位置する液晶分子 3 0 a によって規制される配向方向と整合するように配向する。なお、「等電位線 E Q 上に位置する」とは、「等電位線 E Q で表される電界内に位置する」ことを意味する。したがって

、傾斜した等電位線 E Q 上に位置する液晶分子 3 0 a から始まる配向方向の安定化は、中実部 1 2 b の中央部および開口部 1 2 a の中央部へ、それぞれ向かって進んでいく。

#### 【 0 0 5 1 】

ここで、開口部 1 2 a 上の領域において、中央付近に位置する液晶分子 3 0 a は、開口部 1 2 a の互いに対向する両側のエッジ部 E G の液晶分子 3 0 a の配向の影響を略同等に受ける。したがって、図 5 に示すように、中央部の液晶分子 3 0 a は、等電位線 E Q に対して垂直な配向状態を保つ。一方、開口部 1 2 a の中央から離れた領域の液晶分子 3 0 a は、それぞれ近い方のエッジ部 E G の液晶分子 3 0 a の配向の影響を受けて傾斜し、開口部 1 2 a の中心 S A に関して対称な傾斜配向を形成する。

#### 【 0 0 5 2 】

同様に、開口部 1 2 a によって実質的に包囲された単位中実部 1 2 c 上の領域においても、単位中実部 1 2 c に対応する領域の液晶分子 3 0 a は、開口部 1 2 a のエッジ部 E G の液晶分子 3 0 a の配向の影響を受ける。また、単位中実部 1 2 c の中央付近に位置する液晶分子 3 0 a は、単位中実部 1 2 c の互いに対向する両側のエッジ部 E G の液晶分子 3 0 a の配向の影響を略同等に受ける。これらの結果、単位中実部 1 2 c 上の領域においても、液晶分子 3 0 a は、単位中実部 1 2 c の中心 S B （開口部 1 2 a が形成する単位格子の中心に対応）に関して対称な傾斜配向状態となる。

#### 【 0 0 5 3 】

したがって、上述したように、傾斜した等電位線 E Q 上に位置する液晶分子 3 0 a から始まる配向の変化が進み、絵素領域内の液晶分子 3 0 a が定常状態に達することにより、液晶層断面からみた配向状態は、上記図 5 に模式的に示した配向状態となる。

#### 【 0 0 5 4 】

一方、基板面内方向における液晶層 3 0 の配向状態は、電圧の印加によって、図 1 0 ～図 1 2 のように変化する。すなわち、液晶層 3 0 に電圧が印加されていない状態では、図 1 0 に示すように、絵素領域内の液晶分子 3 0 a は、垂直配向

層 1 3 ・ 2 3 によって配向方向が規制され、垂直配向状態を取っている。なお、基板法線方向から見た液晶分子 3 0 a の配向状態を示す図において、楕円状に描かれた液晶分子 3 0 a の先が黒く示されている端は、その端が他端よりも、開口部 1 2 a を有する絵素電極 1 2 が設けられている基板側に近いように、液晶分子 3 0 a が傾斜していることを示している。

## 【 0 0 5 5 】

液晶層 3 0 に電界を印加し、図 4 に示す等電位線 E Q で表される電界が発生すると、負の誘電率異方性を有する液晶分子 3 0 a には、軸方位が等電位線 E Q に平行になるようなトルクが発生する。上述したように、液晶分子 3 0 a の分子軸に対して垂直な等電位線 E Q で表される電場下の液晶分子 3 0 a は、液晶分子 3 0 a が傾斜（回転）する方向が一義的に定まっていなため、配向の変化（傾斜または回転）が容易に起こらないのに対して、液晶分子 3 0 a の分子軸に対して傾斜した等電位線 E Q 下に置かれた液晶分子 3 0 a は、傾斜（回転）方向が一義的に決まるので、配向の変化が容易に起こる。したがって、図 1 1 に示すように、等電位線 E Q に対して液晶分子 3 0 a の分子軸が傾いている領域、すなわち、開口部 1 2 a のエッジ部 E G から液晶分子 3 0 a が傾斜し始め、開口部 1 2 a のエッジ部 E G の傾斜した液晶分子 3 0 a の配向と整合性をとるように周囲の液晶分子 3 0 a も傾斜し、図 1 2 に示す状態で液晶分子 3 0 a の軸方位は安定する。なお、本実施形態においては、液晶分子 3 0 a が自然の捩じれピッチ p を持つため、捩じれが発生するが、この影響については後述する。

## 【 0 0 5 6 】

ここで、本実施形態に係る開口部 1 2 a は、回転対称性を有する形状である。したがって、絵素領域内の液晶分子 3 0 a は、電圧印加時には、開口部 1 2 a のエッジ部 E G から開口部 1 2 a の中心に向かって液晶分子 3 0 a が傾斜する。また、電圧印加時において、エッジ部 E G からの液晶分子 3 0 a の配向規制力は、開口部 1 2 a の中心 S A 付近で釣り合う。したがって、開口部 1 2 a の中心 S A 付近の液晶分子 3 0 a は、基板面に対して垂直に配向した状態を維持し、その周りの液晶分子 3 0 a は、開口部 1 2 a の中心 S A 付近の液晶分子 3 0 a を中心にして、放射状に傾斜配向した状態になる。また、この状態では、上記周りの液晶

分子 3 0 a の配向状態は、互いに連続的に（滑らかに）変化している。

【 0 0 5 7 】

この結果、液晶セル 1 0 0 の表示面に垂直な方向（基板 1 0 0 a および 1 0 0 b の表面に垂直な方向）からみると、液晶分子 3 0 a の軸方位は、開口部 1 2 a の中心に関して放射状に配向した状態になる。なお、本願明細書においては、このように、液晶層 3 0 の液晶分子 3 0 a が放射状に傾斜配向した状態を「放射状傾斜配向」と呼ぶ。また、1 つの中心に関して放射状傾斜配向をとる液晶層の領域を液晶ドメインと称する。

【 0 0 5 8 】

同様に、単位中実部 1 2 c に対応する領域においても、放射状傾斜配向をとり、当該領域においても、液晶分子 3 0 a が放射状傾斜配向をとる液晶ドメインが形成される。より詳細には、液晶分子 3 0 a は、開口部 1 2 a のエッジ部 E G に生成される斜め電界で傾斜した液晶分子 3 0 a の配向と整合するように傾斜しており、電圧印加時において、エッジ部 E G からの液晶分子 3 0 a の配向規制力は、単位中実部 1 2 c の中心 S B 付近で釣り合う。したがって、電圧印加時において、開口部 1 2 a の中心 S A 付近の液晶分子 3 0 a は、基板面に対して垂直に配向した状態を維持し、その周りの液晶分子 3 0 a は、単位中実部 1 2 c の中心 S B 付近の液晶分子 3 0 a を中心にして、配向方向の面内成分が放射状となり、法線方向成分が傾斜した状態になる。また、この状態では、上記周りの液晶分子 3 0 a の配向状態は、互いに連続的に（滑らかに）変化している。

【 0 0 5 9 】

このように、本実施形態に係る液晶表示装置の絵素電極 1 2 は複数の開口部 1 2 a を有しており、絵素電極 1 2 に電圧が印加されると、絵素領域内の液晶層 3 0 内に、傾斜した領域を有する等電位線 E Q で表される電界を形成する。液晶層 3 0 内の負の誘電率異方性を有する液晶分子 3 0 a は、電圧無印加時には、垂直配向状態にあるが、絵素電極 1 2 に電圧が印加されると、上記傾斜した等電位線 E Q 上に位置する液晶分子 3 0 a の配向変化をトリガーとして配向方向を変化し、安定な放射状傾斜配向を有する液晶ドメインが、開口部 1 2 a および中実部 1 2 b に形成される。ここで、液晶層 3 0 に印加される電圧に応じて、この液晶ド

メインの液晶分子の配向が変化する。この結果、液晶表示装置は、印加電圧に応じて表示状態を変更できる。

#### 【0060】

また、単位中実部 1 2 c に形成される液晶ドメインにおける放射状傾斜配向と、開口部 1 2 a に形成される放射状傾斜配向とは連続しており、いずれも開口部 1 2 a のエッジ部 E G の液晶分子 3 0 a の配向と整合するように配向している。したがって、開口部 1 2 a に形成された液晶ドメイン内の液晶分子 3 0 a は、上側（基板 1 0 0 b 側）が開いたコーン状に配向し、単位中実部 1 2 c に形成された液晶ドメイン内の液晶分子 3 0 a は下側（基板 1 0 0 a 側）が開いたコーン状に配向する。このように、開口部 1 2 a に形成される液晶ドメインおよび単位中実部 1 2 c に形成される液晶ドメインに形成される放射状傾斜配向は、互いに連続であるので、これらの境界にディスクリネーションライン（配向欠陥）が形成されることがなく、それによって、ディスクリネーションラインの発生による表示品位の低下は起こらない。

#### 【0061】

なお、本実施形態のように、絵素領域全体に渡って、液晶分子 3 0 a が放射状傾斜配向をとる液晶ドメインが正方格子状に配列されると、それぞれの軸方位の液晶分子 3 0 a の存在確率が回転対称性を有することになり、あらゆる視角方向に対して、ザラツキのない高品位の表示を実現することができる。ここで、放射状傾斜配向を有する液晶ドメインの視角依存性を低減するためには、液晶ドメインが高い回転対称性（2 回回転軸以上が好ましく、4 回回転軸以上がさらに好ましい。）を有することが好ましい。また、絵素領域全体の視角依存性を低減するためには、絵素領域に形成される複数の液晶ドメインが、高い回転対称性（2 回回転軸以上が好ましく、4 回回転軸以上がさらに好ましい。）を有する単位（例えば単位格子）の組合せで表される配列（例えば正方格子）を構成することが好ましい。

#### 【0062】

上記液晶セル 1 0 0 を用いた液晶表示装置では、電圧無印加状態において液晶層 3 0 のほとんど全ての液晶分子 3 0 a が垂直配向状態をとる。したがって、図

2に示すように、液晶セル100を偏光板101と偏光板102とによって挟持すると、入射光は偏光板101によって、直線偏光となり、液晶セル100に入射する。液晶セル100中では、複屈折効果が発生しないため、当該入射光は略そのままの状態で、液晶セル100を通過し、偏光板102側へと到達する。ここで、偏光板101の偏光軸と偏光板102の偏光軸とは、互いに直交するように配されている。したがって、液晶セル100を通過した光の殆どは、偏光板102により吸収される。この結果、液晶表示装置は、電圧無印加状態において黒表示となる。特に、本実施形態の液晶表示装置においては、液晶セル100中の液晶分子30aは、黒表示時に、略完全な垂直配向状態を得ることが可能なため、光漏れが殆ど発生せず、高コントラストの表示を実現できる。

#### 【0063】

一方、電圧を印加すると、液晶層30の液晶分子30aが放射状傾斜配向状態になるため、液晶セル100を偏光板101と偏光板102とによって挟持すると、入射光は、偏光板101によって、直線偏光となり、液晶セル100に入射すると、液晶セル100では、複屈折効果が発生するため、当該入射光は、その偏光状態を変化させながら、液晶セル100を通過し、偏光板102側へと到達する。このとき、偏光板102の偏光軸方向に、その偏光状態を変化させた光成分が、偏光板102を通過し、出射され、白表示を得る。また、印加電圧を変化させることにより、放射状傾斜配向の傾斜量が変化し、それにより発生する複屈折効果の発生量も変化するため、偏光板102からの出射光量が変化する。このことにより、印加電圧に応じた階調表示が可能になる。

#### 【0064】

また、放射状に傾斜配向するので、絵素領域において、各方位に配向した液晶分子30aの存在確率が回転対称性を有することになり、液晶分子30aの配向方向が互いに異なる領域同士が、光学的に補償し合う。これらの結果、液晶表示装置の使用者が、いずれの方向から液晶表示装置を見たとしても、絵素領域全体でみると、出射光の強度（絵素の明るさ）が略同じになり、広い視野角を得ることができる。

#### 【0065】

ここで、液晶層が捩じれ構造を有しない場合、液晶セル 1 0 0 を、偏光軸がクロスニコルに配置した 2 枚の偏光板 1 0 1、1 0 2 で挟持した場合に、消光模様が発生するという現象、つまり、液晶セル 1 0 0 において、放射状傾斜配向のように、それぞれの液晶分子 3 0 a が、それぞれ異なる方位に配向していると、偏光板の偏光軸方向と、電圧印加時の液晶分子 3 0 a の配向方向との関係により、微小単位領域ごとで発生する、複屈折効果の発生量が異なり、微小単位領域ごとに、輝度差として、認識されてしまうという現象が発生し、光を有効に透過する微小単位領域の減少から、輝度低下を招く。なお、微小単位領域とは、液晶層を層厚方向に平行となるよう、液晶分子レベルの領域で分割した 1 つの領域を意味する。具体的には、後述の図 3 3 ～図 3 6 などに示すように、液晶分子が層厚方向に並んだ 1 列のことである。

## 【 0 0 6 6 】

これに対して、本実施形態に係る液晶表示装置では、液晶セル 1 0 0 の  $d/p$  を、最大印加実効電圧（白表示時の印加実効電圧） $V_{max}$  [V] に応じて、以下の不等式（1）に示すように、

$$\begin{aligned}
 d/p \text{ (min)} &\leq d/p \leq d/p \text{ (max)} \\
 \text{ただし、} d/p \text{ (max)} &= 0.0021 \times (V_{max})^2 \\
 &\quad - 0.0458 \times (V_{max}) + 0.65 \\
 d/p \text{ (min)} &= 0.0021 \times (V_{max})^2 \\
 &\quad - 0.0458 \times (V_{max}) \\
 &\quad + 0.50 \qquad \dots (1)
 \end{aligned}$$

に設定している。なお、上記  $d$  [ $\mu m$ ] は、液晶セル 1 0 0 のギャップであり、 $p$  [ $\mu m$ ] は、液晶の自然の捩じれピッチ（規制されることのない液晶が持つ、液晶捩じれ量で、 $360^\circ$  捩れるために必要な長さ）である。ここで、本実施形態に係る液晶セル 1 0 0 では、液晶中へのカイラル剤の添加によって、 $p$  が設定されている。

## 【 0 0 6 7 】

さらに、本実施形態では、液晶セル 1 0 0 の  $d \cdot \Delta n / \lambda$  を、最大印加実効電圧（白表示時の印加実効電圧） $V_{max}$  に応じて、以下の不等式（2）に示すよ



うに、

$$\begin{aligned}
 d \cdot \Delta n / \lambda (\min) &\leq d \cdot \Delta n / \lambda \leq d \cdot \Delta n / \lambda (\max) \\
 \text{ただし、} d \cdot \Delta n / \lambda (\max) &= -0.00026 \times (V_{\max})^3 \\
 &\quad + 0.016 \times (V_{\max})^2 \\
 &\quad - 0.2281 \times (V_{\max}) + 2.124 \\
 d \cdot \Delta n / \lambda (\min) &= -0.00026 \times (V_{\max})^3 \\
 &\quad + 0.016 \times (V_{\max})^2 \\
 &\quad - 0.2281 \times (V_{\max}) \\
 &\quad + 1.7603 \qquad \dots (2)
 \end{aligned}$$

に設定している。なお、 $\Delta n$ は、複屈折異方性、 $\lambda$  [ $\mu\text{m}$ ] は、透過光の波長である。

#### 【0068】

これらの結果、本実施形態に係る液晶表示装置では、上記消光模様が視認できなくなり、また、各微小単位領域の透過強度が最大となり、表示品位が大幅に向上された液晶表示装置を確実に得ることができる。

#### 【0069】

ここで、上記不等式(1)および(2)は、以下のようにして導出した。すなわち、上記構成の液晶表示装置において、最大印加実効電圧  $V_{\max}$  と  $d/p$  との組み合わせ、それぞれについて、面積透過強度(面内における、例えば1絵素における、微小単位領域の透過強度を積分し規格化を行った値)が最大となる  $d \cdot \Delta n / \lambda$  を、シミュレーションによって算出した。

#### 【0070】

上記シミュレーション結果によると、例えば、最大印加実効電圧が10[V]の場合は、各  $d/p$  における面積透過強度は、 $d \cdot \Delta n / \lambda$  に応じて、図13に示すように変化している。この場合は、例えば、 $d/p = 0.38$  とすると、 $d \cdot \Delta n / \lambda = 1.03$  のときに、面積透過強度が最大になる。また、最大印加実効電圧が6[V]の場合、各  $d/p$  における、 $d \cdot \Delta n / \lambda$  に対する面積透過強度の変化は、図14に示すようになり、例えば、 $d/p = 0.38$  の場合、 $d \cdot \Delta n / \lambda = 1.10$  の場合に、面積透過強度が最大になる。さらに、最大印加実

効電圧が4 [V] の場合は、各  $d/p$  における面積透過強度は、 $d \cdot \Delta n / \lambda$  に応じて、図15に示すように変化している。この場合は、例えば、 $d/p = 0.38$  とすると、 $d \cdot \Delta n / \lambda = 1.31$  のときに、面積透過強度が最大になる。

## 【0071】

さらに、面積透過強度が最大となる  $d \cdot \Delta n / \lambda$  において、液晶ドメイン（サブピクセル）における透過強度の分布を、シミュレーションによって算出し、消光模様が視認できなくなる程度にまで、消光模様の発生が抑制されているか否かを評価した。なお、シミュレーションでは、Ericksen-Leslie の理論に基づいて、ダイレクターベクトルの運動方程式をたてて3次元計算を行うことによって、液晶ダイレクターを算出し、Jones matrixにより解析を行うことによって、光学計算を行った。

## 【0072】

一例として、 $V_{max} = 6$  [V]、かつ、液晶が捩じれ構造をとらないものと、 $d/p = 0.13$ 、 $0.38$  および  $0.48$  とのそれぞれについて、対向電極22の表面付近、液晶層30の中央付近および絵素電極12の表面付近の液晶分子30aの配向方位分布、および、透過強度分布を、図16～図31に示す。また、各  $d/p$  において、 $d \cdot \Delta n / \lambda$  は、面積透過強度が最大となるように設定した。ここで、上記シミュレーションにおいては、 $-2.5$  から  $-6.5$  までの誘電率異方性  $\Delta \epsilon$  と、 $0.9$  から  $2.0$  までの弾性定数比  $K_{11}/K_{33}$  との組み合わせについてシミュレーションしたが、図13～図31では、上記シミュレーション結果のうち、代表的な図面として、液晶層30の誘電率異方性  $\Delta \epsilon = -4$ 、弾性定数比  $K_{33}/K_{11} = 1.1$  の場合を例示している。

## 【0073】

液晶が捩じれ構造をとらないものの場合、図16～図18に示すように、対向電極22の表面付近と、液晶層30の中央付近（厚み方向の中央付近）と、絵素電極12の表面付近とでは、液晶分子の配向方位が、互いに略等しく配向した。このため、液晶分子30aが偏光板101・102の偏光軸方向と異なる方位に配向する液晶領域では、複屈折効果により、光は、透過するが、液晶分子30aが偏光軸方向と同じ方位に配向している領域では、複屈折効果は、発生せず、図

19に示すように、はっきりとした十字状の消光模様が発生している。

【0074】

また、 $d/p = 0.13$ の場合、図20～図23に示すように、対向電極22の表面付近と、液晶層30の中央付近と、絵素電極12の表面付近とでは、液晶分子30aの配向方位は、わずかではあるが異なり、2枚の基板間で液晶層30が振じれ構造となった。また、面内においても、ドメイン（図では、単位中実部12c）中央部を中心として、渦を巻くような配向を得た。このため、透過強度分布では、図23に示すように、渦巻き状の消光模様が発生した。ただし、この場合は、液晶層30が振じれ構造となることにより発生する旋光効果が加わっているため、液晶が振じれ構造をとらないものの場合に比べて、その消光模様は薄くなり、面積透過強度が高くなっている。

【0075】

$d/p = 0.38$ としたとき、図24～図26に示すように、対向電極22の表面付近と、液晶層30の中央付近と、絵素電極12の表面付近とでは、液晶分子30aの配向方位は、 $d/p = 0.13$ の場合よりも大きく異なり、より明確な振じれ構造となった。また、この場合、図27に示すように、面積透過強度は、最大となり、消光模様は、略消失した。つまり、各微小単位領域で得られる透過強度が最大となった状態で、ドメイン内の、各微小単位領域毎で発生する、複屈折効果、あるいは旋光効果の、発生量が等しくなった。

【0076】

さらに、液晶振じれ量を増やし、 $d/p = 0.48$ とした場合は、図27～図30に示すように、対向電極22の表面付近と、液晶層30の中央付近と、絵素電極12の表面付近とにおける液晶分子30aの配向方位の相違は、より大きくなった。ただし、この場合は、最も面積透過強度の高くなる場合においても、図31に示すように、消光模様は発生した。つまり、ドメイン内の、各微小単位領域ごとで発生する、複屈折効果、あるいは旋光効果の、発生量に違いが発生した。

【0077】

さらに、上述したように、最大印加実効電圧  $V_{max}$  と  $d/p$  との組み合わせ

、それぞれについて、面積透過強度が最大となる  $d \cdot \Delta n / \lambda$  における透過強度の分布をシミュレーションによって算出し、消光模様の発生が抑制されているかを評価すると、さらに、評価対象となった組み合わせ、すなわち、液晶セル 100 の  $d / p$ 、 $d \cdot \Delta n / \lambda$  および最大印加実効電圧  $V_{max}$  の組み合わせから、消光模様が視認できなくなる程度にまで、消光模様の発生が抑制され、面積透過強度が高い組み合わせを抽出し、これらの組み合わせが存在する範囲を、 $V_{max}$  に関する 2 次式および 3 次式で近似することによって、上記不等式 (1) および (2) を導きだした。

## 【0078】

さらに、上記シミュレーション結果を参照して、 $d / p$  および  $d \cdot \Delta n / \lambda$  が不等式 (1) および (2) を満足する値に設定されている場合には、消光模様が視認されにくく、かつ、それぞれの微小単位領域における透過強度が高いことを確認すると共に、満足しない場合には、消光模様が発生したり、たとえ消光模様が消失しても、微小単位領域における透過強度が低く、面積透過強度が低くなってしまうことも確認した。

## 【0079】

ここで、偏光軸をクロスニコルの関係で配置した 2 枚の偏光板 101・102 で、液晶セル 100 を挟持することにより発生する消光模様を消失させるためには、各微小単位領域における、複屈折効果、あるいは、旋光効果の発生量を等しくし、その結果として各領域の透過強度が等しくなることが好ましい。本実施形態では、放射状に傾斜配向をとるため、液晶セル 100 に入射してくる光の偏光方向と、各微小単位領域の入射側基板表面の液晶分子 30a の配向方位との成す角は、一様ではない。このため、液晶層 30 が捩れ構造とならない場合、つまり、複屈折効果のみ発生する場合には、各微小単位領域ごとに、複屈折効果の発生量が異なり消光模様が発生する。

## 【0080】

しかし、液晶層 30 が捩れ構造をとり、その捩れ角が  $90^\circ$  となったとき、液晶セル 100 に入射してくる光の偏光方向と、入射側基板表面の液晶分子 30a の配向方位との成す角には関係なく、そこに発生する、複屈折効果、あるいは、

旋光効果の発生量は、等しくなる。つまり、本実施形態においては、液晶セル 1 0 0 の各微小単位領域の液晶層 3 0 が、それぞれ均一に  $90^\circ$  振れていることが好ましい。

#### 【0081】

さらにここで、上述したように、本実施形態では、電圧を印加すると、液晶分子 3 0 a の軸方位が等電位線 E Q に沿うように、液晶分子 3 0 a が傾斜する。したがって、図 3 2 に示す領域 A 1、すなわち、液晶ドメインのうち、中央部とエッジ部 E G とを除く領域 A 1 では、等電位線 E Q が基板表面に対して略平行なので、本来であれば、図 3 3 に示すように、両基板 1 0 0 a ・ 1 0 0 b 間の液晶層 3 0 では、厚み方向の全域 d x に渡って、長軸方向が基板表面に略平行になるように、液晶分子 3 0 a が傾斜しているはずである。

#### 【0082】

ところが、両基板 1 0 0 a ・ 1 0 0 b の液晶層 3 0 側表面には、電圧無印加時に液晶分子 3 0 a を垂直配向状態にするために、垂直配向膜 1 3 ・ 2 3 が設けられている。したがって、図 3 4 に示すように、両基板近傍 d z では、当該垂直配向膜 1 3 ・ 2 3 の配向規制力によって、液晶分子 3 0 a は、電圧印加時にも、垂直配向状態を維持している。

#### 【0083】

したがって、図 3 4 に示すように、電圧印加時に傾斜配向することによって複屈折効果を付与可能な液晶分子 3 0 a は、厚み方向の全域 d x ではなく、基板近傍 d z を除いた領域 d y の液晶分子 3 0 a になる。なお、各領域 d x、d y および d z の厚み方向の長さを同じ符号で参照すると、 $d x = d y + 2 d z$  となる。

#### 【0084】

上記では、液晶層 3 0 が振れ構造をとらずに、複屈折効果のみを発生する場合について説明したが、液晶層 3 0 が振れ構造となり、旋光効果をも発生する場合についても同様である。すなわち、本実施形態に係る液晶セル 1 0 0 では、カイラル剤の添加によって、液晶の自然振じれピッチ p が設定されているが、液晶分子 3 0 a の配向方向の面内成分（面内方位）は、特に規制されていない。したがって、本来であれば、図 3 5 に示すように、液晶分子 3 0 a は、液晶層 3 0 の厚

み方向の全域  $d_x$  に渡って捩じれ配向するはずである。

【0085】

ところが、垂直配向液晶の場合、上述したように、基板表面で垂直に配向させる規制力が強いため、実際には、図36に示すように、基板表面付近  $d_z$  の液晶分子30aは、当該規制力によって、電圧を印加しても垂直配向状態を維持する。したがって、電圧印加時に傾斜配向することによって複屈折効果、あるいは、旋光効果を発生可能な液晶分子30aは、厚み方向の全域  $d_x$  ではなく、基板近傍  $d_z$  を除いた領域  $d_y$  の液晶分子30aになる。なお、この場合も、各領域  $d_x$ 、 $d_y$  および  $d_z$  の厚み方向の長さを同じ符号で参照すると、 $d_x = d_y + 2d_z$  となる。

【0086】

これらのことから、クロスニコルに配置した偏光板101・102により、捩じれ配向をとる液晶層30を挟持する場合に、最も効率よく消光模様を消去する原理上の条件（従来技術）、つまり、 $d/p = 0.25$  を設定したとしても、上記領域  $d_y$  の厚み（実効のセル厚  $d_y$ ）が、実際のセル厚  $d_x$  よりも短いために、実効的には、消光模様を消去する条件とは異なってしまふ。例えば、本実施形態で、先に述べたように、 $V_{max} = 6$  [V] のとき、消光模様が消失しているのは、 $d/p = 0.38$  であり、 $0.25$  とは大きく異なる。

【0087】

上記垂直配向状態を維持する液晶分子30aの割合（厚み方向の長さで領域  $d_z$ ）は、印加電圧が小さいほど多く、印加電圧が大きいほど少ない。このため、実効のセル厚  $d_y$  も、印加電圧により変化する。

【0088】

したがって、本実施形態では、上述の不等式（1）および（2）に示すように、電圧印加時に液晶層30の全域  $d_x$  に渡って液晶分子30aが傾斜配向すると想定して設定した値よりも大きく、かつ、最大印加実効電圧  $V_{max}$  に応じた値に設定されている。これにより、図32に示す領域A1、すなわち、おおよその液晶分子30aが、基板表面に対して略平行になるように配向する領域において、複屈折効果、或いは、旋光効果によって、各微小単位領域の個々の透過強度を

向上すると共に、消光模様の発生を視認できない程度にまで抑制できる。

【0089】

また、上記シミュレーション結果を検討することによって、上記不等式(1)および(2)を満足する範囲のうちでも、特に明るい範囲を抽出し、さらに、上記シミュレーションのうち、消光模様が認識できるか否かの評価に加えて、これらの範囲と比較して、明るさの低下を使用者が認識できるか否かを評価したところ、以下の範囲がさらに望ましいことが確認できた。

【0090】

すなわち、上記不等式(1)および(2)を満足する範囲のうち、以下の不等式(3)に示すように、

$$\begin{aligned} d \cdot \Delta n / \lambda (\min) &\leq d \cdot \Delta n / \lambda \leq d \cdot \Delta n / \lambda (\max) \\ \text{ただし、} d \cdot \Delta n / \lambda (\max) &= -0.00026 \times (V_{\max})^3 \\ &\quad + 0.016 \times (V_{\max})^2 \\ &\quad - 0.2281 \times (V_{\max}) + 2.041 \\ d \cdot \Delta n / \lambda (\min) &= -0.00026 \times (V_{\max})^3 \\ &\quad + 0.016 \times (V_{\max})^2 \\ &\quad - 0.2281 \times (V_{\max}) \\ &\quad + 1.891 \end{aligned} \quad \dots (3)$$

を満足することにより、この範囲のどの条件を用いたとしても、使用者が明るさの相違を認識できない程度の条件となり、より望ましい。

【0091】

同様に、上記不等式(1)および(2)を満足する範囲のうち、以下の不等式(4)に示すように、

$$\begin{aligned} d / p (\min) &\leq d / p \leq d / p (\max) \\ \text{ただし、} d / p (\max) &= 0.0021 \times (V_{\max})^2 \\ &\quad - 0.0458 \times (V_{\max}) + 0.63 \\ d / p (\min) &= 0.0021 \times (V_{\max})^2 \\ &\quad - 0.0458 \times (V_{\max}) \\ &\quad + 0.53 \end{aligned} \quad \dots (4)$$

を満足することにより、この範囲のどの条件を用いたとしても、使用者が明るさの相違を認識できない程度の条件となり、より望ましい。

#### 【 0 0 9 2 】

さらに、上記不等式（１）および（２）を満足していても、上記不等式（３）および（４）の双方を満足しない場合には、少なくとも一方を満足する場合と比較して、透過強度低下の程度は、使用者が明るさの相違を認識できる程度に達することが確認できた。

#### 【 0 0 9 3 】

ところで、上記では、図３に示すように、開口部１２ａが略星形を有し、単位中実部１２ｃが略円形を有し、これらが正方格子状に配列された例を示したが、開口部１２ａおよび単位中実部１２ｃの形状、並びに、これらの配置は、上記の例に限られない。

#### 【 0 0 9 4 】

例えば、図３９または図４０に示すように、図３の場合に比べて、開口部１２ａおよび単位中実部１２ｃが若干ひずんだ形に形成されていてもよい。これらの構成では、開口部１２ａは、いずれも歪んだ星形を有し、単位中実部１２ｃは、いずれも略楕円形（歪んだ円形）を有している。したがって、これらの構成の開口部１２ａおよび単位中実部１２ｃは、２回回転軸を有している（４回回転軸は有しない）。また、開口部１２ａおよび単位中実部１２ｃは、長方形の単位格子を形成するように規則的に配列されている。これらの構成であっても、開口部１２ａおよび単位中実部１２ｃには、開口部１２ａのエッジ部に生成される斜め電界によって、それぞれが放射状傾斜配向を有する液晶ドメインが形成される。したがって、図３の場合と同様に、表示品位が高く、視角特性に優れた液晶表示装置を得ることができる。

#### 【 0 0 9 5 】

また、図４１および図４２に示すように、単位中実部１２ｃが略正方形となるように、略十字の開口部１２ａが正方格子状に配置されていてもよい。なお、図４２では、単位中実部１２ｃの四隅が直線状に切り落とされている。また、これらを歪ませて、長方形の単位格子を形成するように配置してもよい。このように



、略矩形（矩形は正方形と長方形を含むとする。）の単位中実部 1 2 c を規則正しく配列しても、開口部 1 2 a および単位中実部 1 2 c には、開口部 1 2 a のエッジ部に生成される斜め電界によって、それぞれが放射状傾斜配向を有する液晶ドメインが形成される。したがって、図 3 の場合と同様に、表示品位が高く、視角特性に優れた液晶表示装置を得ることができる。

## 【 0 0 9 6 】

ただし、図 3、図 3 9 および図 4 0 に示す構成では、開口部 1 2 a の辺が連続的に（滑らかに）変化するので、液晶分子 3 0 a の配向方向も連続的に（滑らかに）変化する。したがって、開口部 1 2 a および／または単位中実部 1 2 c の形状は、矩形よりも円形または楕円形の方が、放射状傾斜配向をより安定させることができる。

## 【 0 0 9 7 】

上述した液晶分子 3 0 a の配向方向の連続性の観点からは、図 4 3 に示すように、開口部 1 2 a を、4 つの円弧だけからなる形状に形成してもよい。また、図 4 4 に示すように、開口部 1 2 a の単位中実部 1 2 c 側が円弧で形成されていてもよい。いずれの場合であっても、開口部 1 2 a および単位中実部 1 2 c は、いずれも 4 回回転軸を有しており、かつ、正方格子状（4 回回転軸を有する）に配列されているが、図 3 9 および図 4 0 と略同様に、開口部 1 2 a の単位中実部 1 2 c の形状を歪ませて 2 回回転軸を有する形状とし、長方形の格子（2 回回転軸を有する）を形成するように配置してもよい。いずれの場合であっても、開口部 1 2 a の辺が連続的に（滑らかに）変化するので、液晶分子 3 0 a の配向方向も連続的に（滑らかに）変化する。したがって、図 3、図 3 9 および図 4 0 の構成と同様に、液晶分子をより安定して、放射状に傾斜配向させることができる。

## 【 0 0 9 8 】

また、上述の例では、略星形や略十字形の開口部 1 2 a を形成し、単位中実部 1 2 c の形状を略円形、略楕円形、略正方形（矩形）および角の取れた略矩形とした構成を説明した。これに対して、開口部 1 2 a と単位中実部 1 2 c との関係性をネガポジ反転させてもよい。例えば、図 3 に示した絵素電極 1 2 の開口部 1 2 a と単位中実部 1 2 c とをネガポジ反転したパターンを有する絵素電極を図

4 5 に示す。このように、ネガーポジ反転したパターンを有する絵素電極であっても、反転前と実質的に同様の機能を有する。なお、図 4 6 および図 4 7 にそれぞれ示すように、開口部 1 2 a および単位中実部 1 2 c がともに略正方形の場合には、ネガーポジ反転しても、もとのパターンと同じパターンとなるものもある。

#### 【 0 0 9 9 】

また、図 4 5 に示すように、図 3 に示したパターンをネガーポジ反転させた場合であっても、絵素電極 1 2 のエッジ部には、回転対称性を有する単位中実部 1 2 c が形成されるように、開口部 1 2 a の一部（約 2 分の 1 または約 4 分の 1）を形成することが好ましい。このようなパターンとすることによって、絵素領域のエッジ部においても、絵素領域の中央部と同様に、斜め電界による効果が得られ、絵素領域の全体に渡って安定した放射状傾斜配向を実現できる。

#### 【 0 1 0 0 】

次に、図 3 の絵素電極 1 2 と、図 3 のパターンをネガーポジ反転させたパターンを有する絵素電極（図 4 5 参照）とを例にして、ネガーポジパターンのいずれを採用すべきかについて説明する。

#### 【 0 1 0 1 】

ネガーポジいずれのパターンを採用しても、開口部 1 2 a の辺の長さはどちらのパターンも同じである。したがって、斜め電界を生成するという機能においては、これらのパターンによる差はない。しかしながら、単位中実部 1 2 c の面積比率（絵素電極 1 2 の全面積に対する比率）は、両者の間で異なり得る。すなわち、液晶層の液晶分子に作用する電界を生成する中実部 1 2 b（実際に導電膜が存在する部分）の面積が異なり得る。

#### 【 0 1 0 2 】

ここで、開口部 1 2 a に形成される液晶ドメインに印加される電圧は、中実部 1 2 b に形成される液晶ドメインに印加される電圧はよりも低くなる。したがって、例えば、ノーマリブラックモードの表示を行うと、開口部 1 2 a に形成された液晶ドメインは暗くなる。この結果、開口部 1 2 a の面積比率が高くなると表示輝度が低下する傾向になる。したがって、中実部 1 2 b の面積比率が高い方が

好ましい。

### 【0103】

ネガーポジ反転した方が中実部 1 2 b の面積比率が高くなるか否かは、単位格子のピッチ（大きさ）に依存する。すなわち、図 3 の構成では、単位格子のパターンは、図 4 8 に示すようになる。一方、図 4 5 の構成では、単位格子のパターンは、図 4 9 に示すようになる。なお、図 4 9 では、開口部 1 2 a を中心に図示している。また、図 4 9 では、図 4 5 の構成において、単位中実部 1 2 c の相互に接続する役割を果たしている部分（円形部から四方に延設された枝部）を省略している。

### 【0104】

ここで、正方単位格子の一辺の長さ（ピッチ）を  $q$  とし、開口部 1 2 a または単位中実部 1 2 c と単位格子との間隙の長さ（片側のスペース）を  $s$  とする。さらに、ピッチ  $q$  および片側スペース  $s$  の値が異なる種々の絵素電極 1 2 を形成し、放射状傾斜配向の安定性などを検討した。その結果、まず、図 4 8 に示したパターン（以下、「ポジ型パターン」と称する。）を有する絵素電極 1 2 を用いて、放射状傾斜配向を得るために必要な斜め電界を生成するためには、片側スペース  $s$  が約  $2.75 \mu\text{m}$  以上必要であることを見出した。一方、図 4 9 に示したパターン（以下、「ネガ型パターン」と称する。）を有する絵素電極 1 2 について、放射状傾斜配向を得るための斜め電界を生成するために、片側スペース  $s$  が約  $2.25 \mu\text{m}$  以上必要であることを見出した。片側スペース  $s$  をそれぞれこの下限値として、ピッチ  $p$  の値を変化させたときの中実部 1 2 b の面積比率を検討した結果を表 1 および図 5 0 に示す。

### 【0105】

【表 1】

ピッチ $q$ [ $\mu\text{m}$ ]	中実部面積比率(%)	
	ポジ型 (a)	ネガ型 (b)
20	41.3	52.9
25	47.8	47.2
30	52.4	43.3
35	55.8	40.4
40	58.4	38.2
45	60.5	36.4
50	62.2	35.0

## 【0106】

表1および図50から分かるように、ピッチ  $q$  が約  $25\mu\text{m}$  以上のときにはポジ型（図48）パターンの方が中実部12bの面積比率が高くなり、約  $25\mu\text{m}$  よりも短くなるとネガ型（図49）の方が中実部12bの面積比率が大きくなる。したがって、表示輝度および配向の安定性の観点から、単位格子のピッチ  $q$  が約  $25\mu\text{m}$  を境にして、採用すべきパターンが変わる。例えば、幅  $75\mu\text{m}$  の絵素電極12の幅方向に、3個以下の単位格子を設ける場合には、図48に示したポジ型パターンが好ましく、4個以上の単位格子を設ける場合には、図49に示したネガ型パターンが好ましい。例示したパターン以外の場合においても、中実部12bの面積比率が大きくなるように、ポジ型またはネガ型の何れかを選択すればよい。

## 【0107】

また、上記では、絵素領域内に正方形や長方形の単位格子が複数形成されている場合を例にして説明したが、絵素電極12の形状に拘わらず、垂直に配向している液晶分子を傾斜させることができれば、略同様の効果が得られる。

## 【0108】

ただし、液晶表示装置の表示品位の視角依存性を全方位において改善するためには、それぞれの絵素領域内において、全ての方位角方向のそれぞれに沿って配

向する液晶分子の存在確率が回転対称性を有することが好ましく、軸対称性を有することがさらに好ましい。すなわち、絵素領域の全体に渡って形成される液晶ドメインが回転対称性、さらには軸対称性を有するように配置されていることが好ましい。ただし、絵素領域の全体に渡って回転対称性を有する必要は必ずしも無く、回転対称性（または軸対称性）を有するように配列された液晶ドメイン（例えば、正方格子状に配列された複数の液晶ドメイン）の集合体として絵素領域の液晶層が形成されればよい。例えば、正方格子（4 回回転軸を有する対称性）を最小単位とし、それらの組合せによって絵素領域が構成されれば、絵素領域全体に渡って液晶分子がすべての方位角に対して実質的に同等の確率で配向させることができる。したがって、絵素領域に形成される複数の開口部 1 2 a の配置も絵素領域の全体に渡って回転対称性を有する必要は必ずしも無く、回転対称性（または軸対称性）を有するように配列された開口部（例えば正方格子状に配列された複数の開口部）の集合体として表せればよい。また、複数の開口部 1 2 a に実質的に包囲される単位中実部 1 2 c の配置も同様である。

#### 【 0 1 0 9 】

さらに、それぞれの液晶ドメインの形状も回転対称性さらには軸対称性を有することが好ましいので、それぞれの開口部 1 2 a およびおよび単位中実部 1 2 c の形状も回転対称性さらには軸対称性を有することが好ましい。より詳細には、液晶表示装置の表示特性は、液晶分子の配向状態（光学的異方性）に起因して、方位角依存性を示す。表示特性の方位角依存性を低減するためには、液晶分子が全ての方位角に対して同等の確率で配向していることが好ましい。また、それぞれの絵素領域内の液晶分子が全ての方位角に対して同等の確率で配向していることがさらに好ましい。したがって、開口部 1 2 a は、それぞれの絵素領域内の液晶分子 3 0 a がすべての方位角に対して同等の確率で配向するように、液晶ドメインを形成するような形状を有していることが好ましい。具体的には、開口部 1 2 a の形状は、それぞれの中心（法線方向）を対称軸とする回転対称性（好ましくは 2 回回転軸以上の対称性）を有することが好ましく、また、複数の開口部 1 2 a が回転対称性を有するように配置されていることが好ましい。また、これらの開口部によって実質的に包囲される単位中実部 1 2 c の形状も回転対称性を有

することが好ましく、単位中実部 1 2 c も回転対称性を有するように配置されることが好ましい。

#### 【0 1 1 0】

なお、開口部 1 2 a の中央付近の液晶層 3 0 には十分な電圧が印加されず、開口部 1 2 a の中央付近の液晶層 3 0 が表示に寄与しない場合がある。すなわち、開口部 1 2 a の中央付近の液晶層 3 0 の放射状傾斜配向が多少乱れても（例えば、中心軸が開口部 1 2 a の中心からずれても）、表示品位が低下しないことがある。従って、少なくとも単位中実部 1 2 c に対応して形成される液晶ドメインが回転対称性、さらには軸対称性を有するように配置されていればよい。

#### 【0 1 1 1】

ところで、上記では、液晶セル 1 0 0 が、絵素の駆動素子（アクティブ素子）として、薄膜トランジスタ（T F T）を備えている場合を例にして説明したが、これに限るものではない。例えば、絵素電極 1 2 をスイッチングするアクティブ素子として、M I M（Metal Insulator Metal）を用いてもよい。また、アクティブマトリクス型に限るものではなく、単純マトリクス型であってもよい。ただし、本実施形態のように、アクティブマトリクス型の液晶表示装置の方が、単純マトリクス型の液晶表示装置に比べて、高精細表示、高輝度化が可能となり、表示品位の良好な液晶表示装置を実現できる。

#### 【0 1 1 2】

なお、上記では、透過型の液晶表示装置の場合を例にして説明したが、反射型の液晶表示装置であってもよいし、透過反射両用型の液晶表示装置であってもよい。また、上記では、絵素電極 1 2 に開口部 1 2 a を形成する場合を例にして説明したが、対向電極 2 2 に開口部を形成しても同様の効果が得られる。

#### 【0 1 1 3】

##### 【発明の効果】

本発明に係る液晶表示装置は、以上のように、垂直配向モードの液晶層の厚み  $d$  と液晶の自然の捩じれピッチ  $p$  との比率を  $d/p$ 、上記第 1 および第 2 電極の間に印加される最大印加実効電圧を  $V_{max}$  [V]、上記液晶層の屈折率異方性を  $\Delta n$  とするとき、上記  $d/p$  は、 $0.0021 \times (V_{max})^2 - 0.045$

$8 \times (V_{max}) + 0.65$  と、 $0.0021 \times (V_{max})^2 - 0.0458 \times (V_{max}) + 0.50$  との間の値に設定されている。さらに、 $d \cdot \Delta n / \lambda$  は、 $-0.00026 \times (V_{max})^3 + 0.016 \times (V_{max})^2 - 0.2281 \times (V_{max}) + 2.124$  と、 $-0.00026 \times (V_{max})^3 + 0.016 \times (V_{max})^2 - 0.2281 \times (V_{max}) + 1.7603$  との間の値に設定されている構成である。

【0114】

上記構成では、液晶層の  $d/p$  および  $d \cdot \Delta n / \lambda$  が、消光模様を使用者が認識できない程度にまで抑制可能な範囲に設定されている。したがって、上記液晶分子に起因する消光模様が認識される場合よりも、より明るい表示が可能で、表示品位の高い液晶表示装置を確実に提供できるという効果を奏する。

【0115】

本発明に係る液晶表示装置は、以上のように、上記構成に加えて、上記  $d \cdot \Delta n / \lambda$  は、 $-0.00026 \times (V_{max})^3 + 0.016 \times (V_{max})^2 - 0.2281 \times (V_{max}) + 2.041$  と、 $-0.00026 \times (V_{max})^3 + 0.016 \times (V_{max})^2 - 0.2281 \times (V_{max}) + 1.891$  との間の値に設定されている構成である。

【0116】

また、本発明に係る液晶表示装置は、以上のように、上記構成に加えて、上記  $d/p$  は、 $0.0021 \times (V_{max})^2 - 0.0458 \times (V_{max}) + 0.63$  と、 $0.0021 \times (V_{max})^2 - 0.0458 \times (V_{max}) + 0.53$  との間の値に設定されている構成である。

【0117】

これらの構成では、液晶層の  $d/p$  および  $d \cdot \Delta n / \lambda$  が上述のように設定されているので、さらに明るい表示が可能な液晶表示装置を実現できるという効果を奏する。

【0118】

本発明に係る液晶表示装置は、以上のように、上記構成に加えて、上記液晶層には、上記第1および第2電極によって規定される絵素領域が設けられており、

当該絵素領域には、電圧印加時に液晶分子が放射状または軸対称に配向する液晶ドメインが、少なくとも1つ設けられている構成である。また、本発明に係る液晶表示装置は、以上のように、上記構成に加えて、上記液晶層には、上記第1および第2電極によって規定される絵素領域が設けられており、上記絵素領域に対応する第1電極には、開口部が形成されており、上記第1および第2電極間に電圧が印加されたときに当該開口部のエッジ部に形成される斜め電界により液晶分子の配向方向が制御される液晶ドメインを、当該開口部と残余の中実部とのそれぞれに形成している構成である。

## 【0119】

これらの構成では、絵素領域に液晶ドメインが設けられ、当該液晶ドメインでは、電圧印加時に、液晶分子が放射状または軸対称に配向する。したがって、視野角特性を向上できる一方で、これらの液晶分子の中には、偏光板の偏光軸の方向と、配向方向の面内成分が一致する液晶分子が含まれてしまう。ところが、上記構成では、 $d/p$ および $d \cdot \Delta n / \lambda$ を上述の範囲に設定することによって、これらの液晶分子に起因する消光模様の発生を、使用者が視認できない程度に抑制できる。この結果、視野角特性と表示品位との双方が良好な液晶表示装置を実現できるという効果を奏する。

## 【0120】

本発明に係る液晶表示装置は、以上のように、上記構成に加えて、上記開口部は、絵素領域毎に複数設けられており、各開口部と、上記中実部のうち、上記開口部によって囲まれた単位中実部とに、それぞれ、上記液晶ドメインが形成されている構成である。

## 【0121】

当該構成では、絵素領域に複数の開口部が設けられているので、上記斜め電界の影響を直接的に受ける液晶層の面積（基板法線方向から見たときの面積）を大きくできる。これにより、液晶分子に対する配向規制力を向上でき、液晶層の電圧に対する光学特性（例えば、透過強度）を向上できるという効果を奏する。

## 【0122】

本発明に係る液晶表示装置は、以上のように、上記構成に加えて、上記複数の



開口部は、略等しい形状、かつ、略等しい大きさに形成されており、上記各開口部によって、回転対称性を有するように配置された単位格子が形成されている構成である。

## 【 0 1 2 3 】

当該構成では、単位格子が回転対称性を有するように配置されているので、単位格子を単位として、複数の液晶ドメイン同士が高い対称性で配置される。したがって、表示品位の視角依存性を抑制できるという効果を奏する。

## 【 0 1 2 4 】

本発明に係る液晶表示装置は、以上のように、上記構成に加えて、上記各開口部の少なくとも1つは、回転対称性を有する形状である。また、本発明に係る液晶表示装置は、以上のように、上記構成に加えて、上記各開口部の少なくとも1つは、略円形である。

## 【 0 1 2 5 】

これらの構成では、上記開口部の形状が回転対称性を有しているので、開口部に形成される液晶ドメインの放射状傾斜配向の安定性を向上できるという効果を奏する。

## 【 0 1 2 6 】

本発明に係る液晶表示装置は、以上のように、上記構成に加えて、上記各単位中実部の少なくとも1つは、略円形である。当該構成では、単位中実部に形成される液晶ドメインの放射状傾斜配向の安定性を向上できるという効果を奏する。

## 【 0 1 2 7 】

本発明に係る液晶表示装置は、以上のように、上記構成に加えて、上記各単位中実部の少なくとも1つは、角部が略円弧状の略矩形である。当該構成では、単位中実部に形成される液晶ドメインの放射状傾斜配向の安定性を向上できると共に、透過率（実効開口率）を向上できるという効果を奏する。

## 【 0 1 2 8 】

本発明に係る液晶表示装置は、以上のように、上記構成に加えて、上記液晶層は、誘電率異方性 $\Delta \epsilon$ が $-2.5$ から $-6.5$ までの値であり、弾性定数比 $K_{11}/K_{33}$ が $0.9$ から $2.0$ までの値である。これにより、 $d/p$ および $d \cdot$

$\Delta n / \lambda$  を上記範囲に設定したときの透過強度をさらに向上でき、さらに明るい表示が可能な液晶表示装置を実現できるという効果を奏する。

【 0 1 2 9 】

本発明に係る液晶表示装置は、以上のように、上記構成に加えて、上記第 1 電極は、複数の絵素領域に対応して、それぞれ設けられた絵素電極であり、上記第 1 基板には、上記各絵素領域のそれぞれに対応して設けられ、それぞれの第 1 電極をスイッチングするアクティブ素子が備えられている構成である。

【 0 1 3 0 】

当該構成の液晶表示装置は、アクティブマトリクス型の液晶表示装置として動作するので、単純マトリクス型の液晶表示装置に比べて、高精細表示、高輝度化が可能となり、表示品位の良好な液晶表示装置を実現できるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の実施形態を示すものであり、最大実効電圧に対する  $d / p$  の数値範囲および  $d \cdot \Delta n / \lambda$  の数値範囲を示すグラフである。

【図 2】

上記液晶表示装置の要部構成を示すものであり、電圧無印加時における液晶表示装置の断面を示す模式図である。

【図 3】

上記液晶表示装置を基板法線方向から見た上面図である。

【図 4】

上記液晶表示装置の液晶セルを示すものであり、液晶層に印加された電圧に応じて、液晶層の液晶分子の配向が変化し始めた状態（ON 初期状態）を示す模式図である。

【図 5】

上記液晶表示装置の液晶セルを示すものであり、液晶層に印加された電圧に応じて、液晶分子の配向が変化した後の定常状態を示す模式図である。

【図 6】

等電位線と液晶分子の配向との関係を示すものであり、等電位線と液晶分子の軸方位とが直交している場合を示す模式図である。

【図 7】

等電位線と液晶分子の配向との関係を示すものであり、等電位線と液晶分子の軸方位とが傾斜している場合を示す模式図である。

【図 8】

等電位線と液晶分子の配向との関係を示すものであり、等電位線が液晶分子の軸方向に対して傾斜している電界によって配向する液晶分子と、当該液晶分子に整合するように、等電位線が軸方位に対して垂直方向になる電界によって配向する液晶分子とを示す模式図である。

【図 9】

等電位線と液晶分子の配向との関係を示すものであり、等電位線が連続した凹凸形状を形成する電界を印加した場合を示す模式図である。

【図 1 0】

上記液晶分子の配向方向を示すものであり、電圧無印加時に各液晶分子を基板法線方向から見たときの模式図である。

【図 1 1】

上記液晶分子の配向方向を示すものであり、ON初期状態における各液晶分子を基板法線方向から見たときの模式図である。

【図 1 2】

上記液晶分子の配向方向を示すものであり、上記定常状態における各液晶分子を基板法線方向から見たときの模式図である。

【図 1 3】

最大印加実効電圧が 1 0 [V] の場合において、各  $d/p$  の値それぞれにおける、面積透過強度と  $d \cdot \Delta n / \lambda$  との関係を示すグラフである。

【図 1 4】

最大印加実効電圧が 6 [V] の場合において、各  $d/p$  の値それぞれにおける、面積透過強度と  $d \cdot \Delta n / \lambda$  との関係を示すグラフである。

【図 1 5】

最大印加実効電圧が4 [V] の場合において、各  $d/p$  の値それぞれにおける、面積透過強度と  $d \cdot \Delta n / \lambda$  との関係を示すグラフである。

【図 1 6】

ピッチ  $p = 0$  の上記液晶表示装置において、対向電極表面付近における液晶分子の配向状態を示す模式図である。

【図 1 7】

ピッチ  $p = 0$  の上記液晶表示装置において、液晶層中央付近における液晶分子の配向状態を示す模式図である。

【図 1 8】

ピッチ  $p = 0$  の上記液晶表示装置において、絵素電極表面付近における液晶分子の配向状態を示す模式図である。

【図 1 9】

ピッチ  $p = 0$  の上記液晶表示装置において、透過強度分布を示す図面である。

【図 2 0】

$d/p = 0.13$  の上記液晶表示装置において、対向電極表面付近における液晶分子の配向状態を示す模式図である。

【図 2 1】

$d/p = 0.13$  の上記液晶表示装置において、液晶層中央付近における液晶分子の配向状態を示す模式図である。

【図 2 2】

$d/p = 0.13$  の上記液晶表示装置において、絵素電極表面付近における液晶分子の配向状態を示す模式図である。

【図 2 3】

$d/p = 0.13$  の上記液晶表示装置において、透過強度分布を示す図面である。

【図 2 4】

$d/p = 0.38$  の上記液晶表示装置において、対向電極表面付近における液晶分子の配向状態を示す模式図である。

【図 2 5】

$d/p = 0.38$  の上記液晶表示装置において、液晶層中央付近における液晶分子の配向状態を示す模式図である。

【図 2 6】

$d/p = 0.38$  の上記液晶表示装置において、絵素電極表面付近における液晶分子の配向状態を示す模式図である。

【図 2 7】

$d/p = 0.38$  の上記液晶表示装置において、透過強度分布を示す図面である。

【図 2 8】

$d/p = 0.48$  の上記液晶表示装置において、対向電極表面付近における液晶分子の配向状態を示す模式図である。

【図 2 9】

$d/p = 0.48$  の上記液晶表示装置において、液晶層中央付近における液晶分子の配向状態を示す模式図である。

【図 3 0】

$d/p = 0.48$  の上記液晶表示装置において、絵素電極表面付近における液晶分子の配向状態を示す模式図である。

【図 3 1】

$d/p = 0.48$  の上記液晶表示装置において、透過強度分布を示す図面である。

【図 3 2】

上記液晶表示装置において、絵素領域中の各領域と、各領域における液晶分子の配向状態との関係を示す模式図である。

【図 3 3】

液晶分子の配向状態を示すものであり、基板表面の垂直配向膜による、液晶分子への配向規制力がないと想定した場合を示す模式図である。

【図 3 4】

液晶分子の配向状態を示すものであり、基板表面の垂直配向膜による液晶分子への配向規制力によって、電圧印加時にも垂直配向状態を保つ液晶分子があると

想定した場合を示す模式図である。

【図 3 5】

液晶層の捩じれ構造を示すものであり、上記配向規制力がないと想定した場合を示す模式図である。

【図 3 6】

液晶層の捩じれ構造を示すものであり、上記配向規制力によって、電圧印加時にも垂直配向状態を保つ液晶分子があると想定した場合を示す模式図である。

【図 3 7】

さらに、明るさを向上可能な数値範囲を示すものであり、最大実効電圧に対する  $d/p$  の数値範囲を示すグラフである。

【図 3 8】

さらに、明るさを向上可能な数値範囲を示すものであり、最大実効電圧に対する  $d \cdot \Delta n / \lambda$  の数値範囲を示すグラフである。

【図 3 9】

上記液晶表示装置の変形例を示すものであり、他の形状の絵素電極を示す上面図である。

【図 4 0】

上記液晶表示装置の他の変形例を示すものであり、他の形状の絵素電極を示す上面図である。

【図 4 1】

上記液晶表示装置のさらに他の変形例を示すものであり、他の形状の絵素電極を示す上面図である。

【図 4 2】

上記液晶表示装置のさらに他の変形例を示すものであり、他の形状の絵素電極を示す上面図である。

【図 4 3】

上記液晶表示装置のさらに他の変形例を示すものであり、他の形状の絵素電極を示す上面図である。

【図 4 4】

上記液晶表示装置のさらに他の変形例を示すものであり、他の形状の絵素電極を示す上面図である。

【図 4 5】

上記液晶表示装置のさらに他の変形例を示すものであり、他の形状の絵素電極を示す上面図である。

【図 4 6】

上記液晶表示装置のさらに他の変形例を示すものであり、他の形状の絵素電極を示す上面図である。

【図 4 7】

上記液晶表示装置のさらに他の変形例を示すものであり、他の形状の絵素電極を示す上面図である。

【図 4 8】

単位中実部が円形の場合を示す上面図である。

【図 4 9】

開口部が円形の場合を示す上面図である。

【図 5 0】

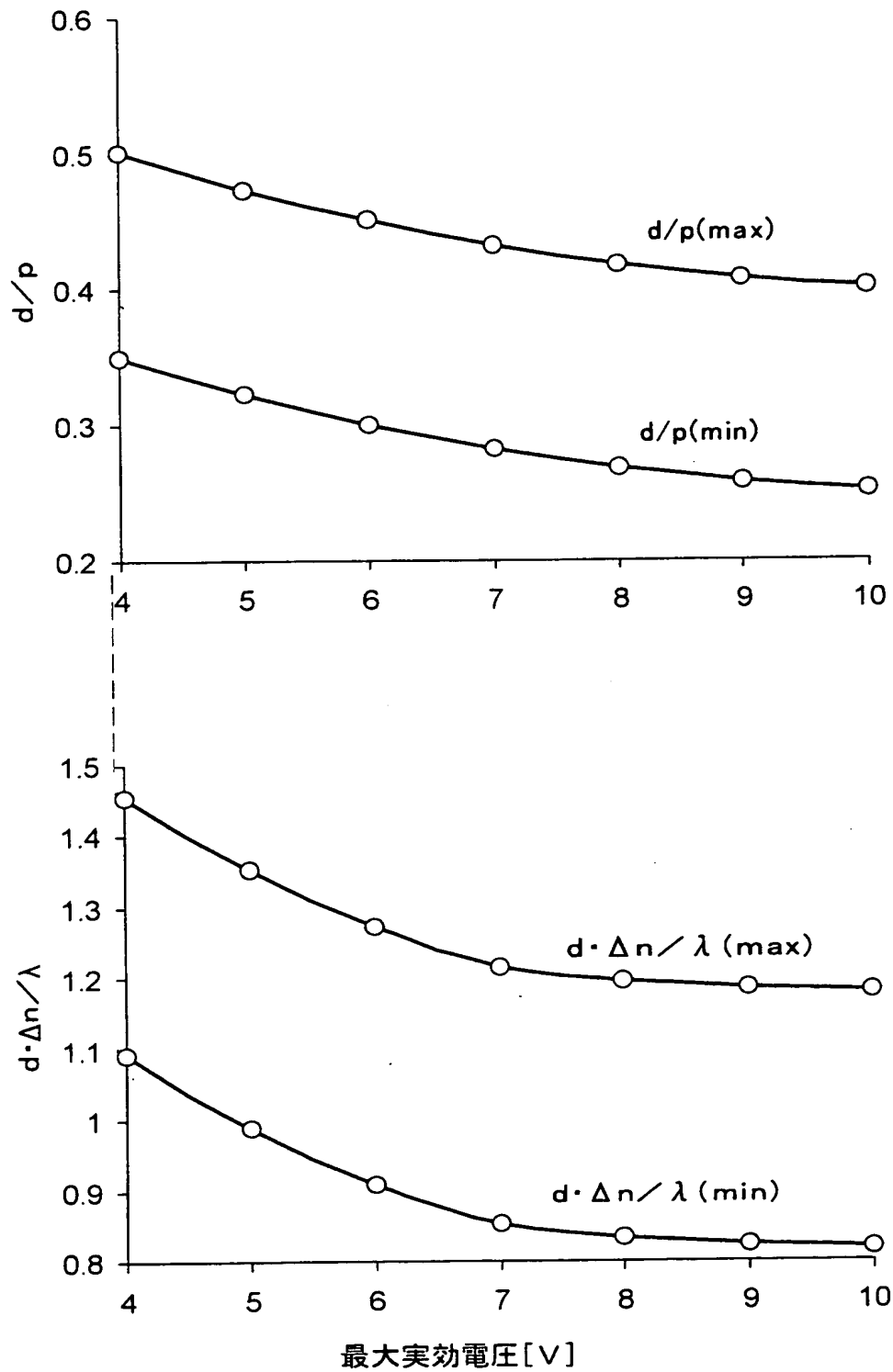
単位中実部が円形の場合と、開口部が円形の場合との双方において、絵素領域のピッチに対する中実部面積比率を示すグラフである。

【符号の説明】

- 1 2 絵素電極（第 1 電極）
- 2 2 対向電極（第 2 電極）
- 1 2 a 開口部
- 1 2 b 中実部
- 1 2 c 単位中実部
- 3 0 液晶層
- 1 0 0 a 薄膜トランジスタ基板（第 1 基板）
- 1 0 0 b 対向基板（第 2 基板）

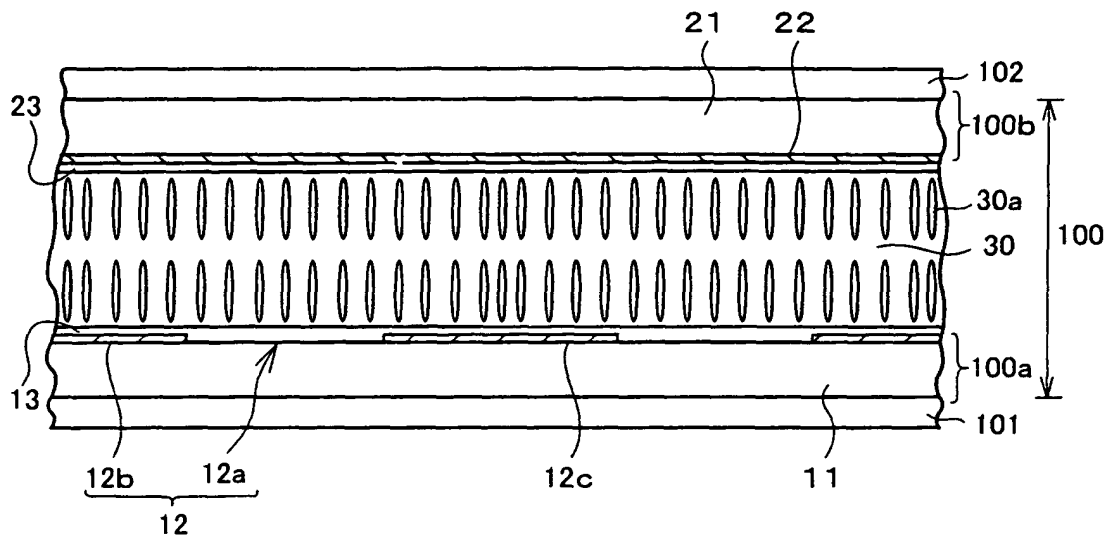
【書類名】 図面

【図 1】

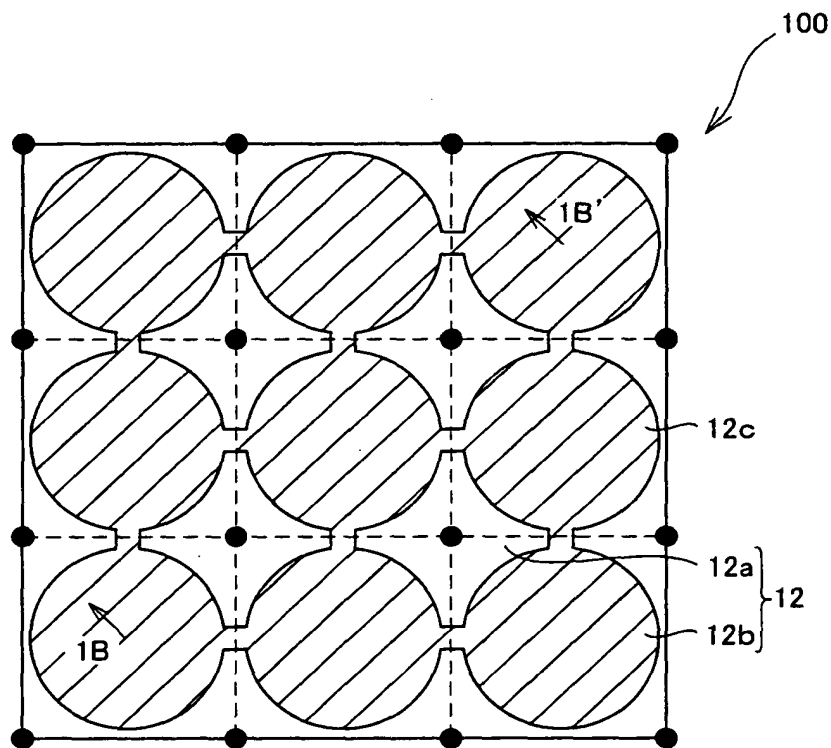




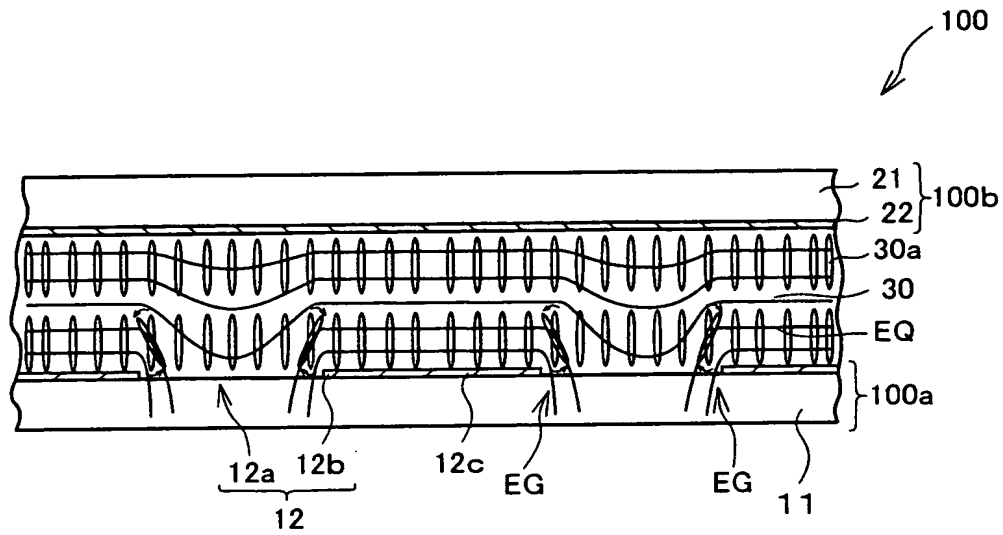
【図 2】



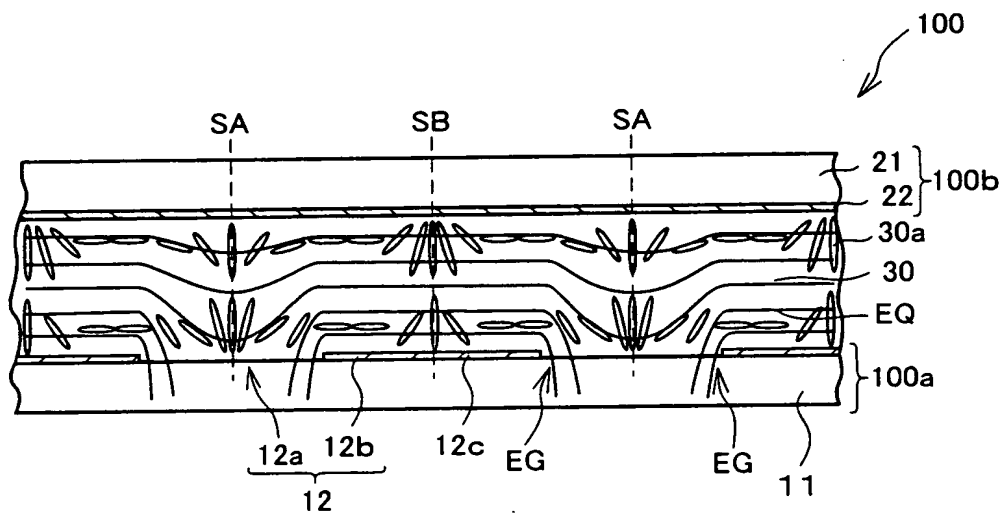
【図 3】



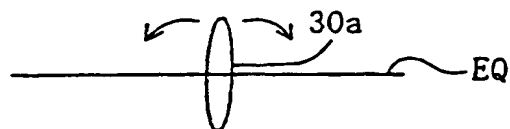
【図 4】



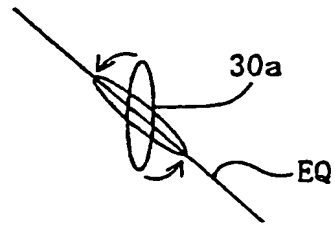
【图 5】



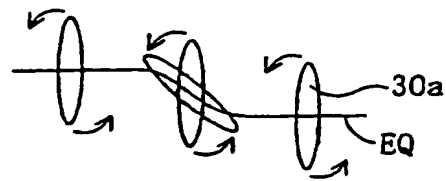
【図 6】



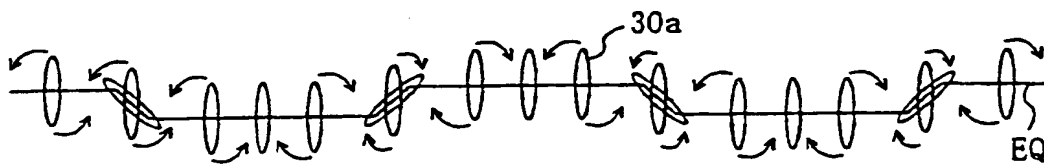
【図 7】



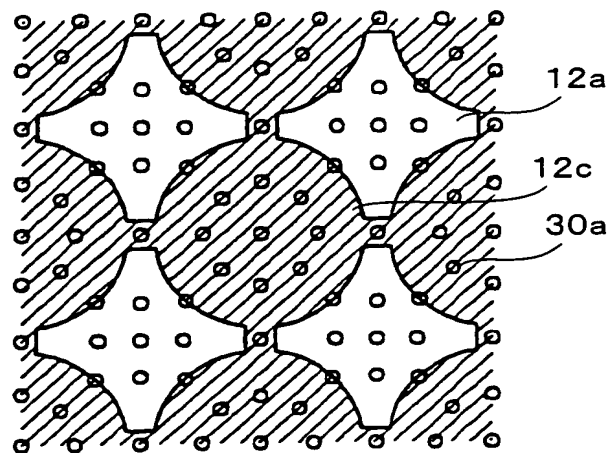
【図 8】



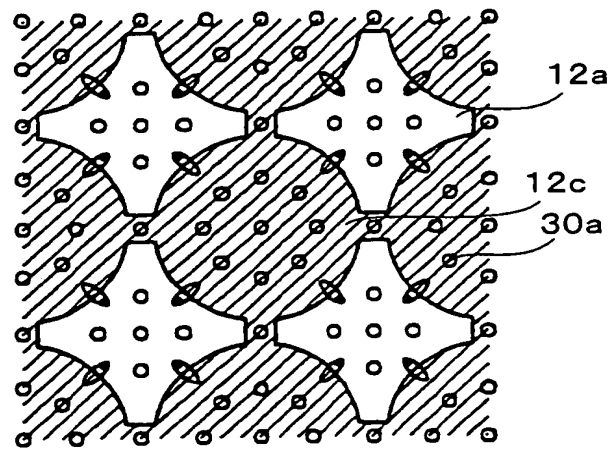
【図 9】



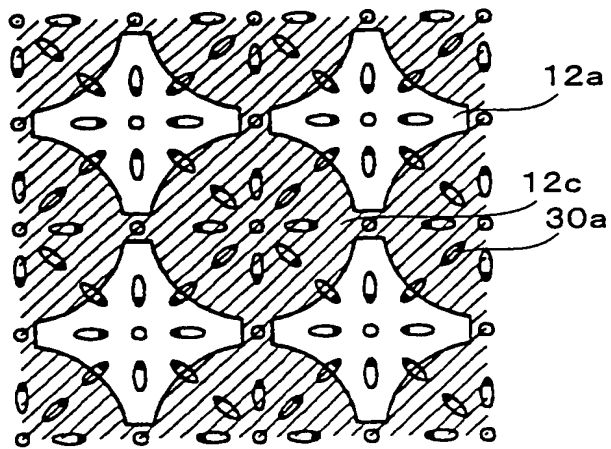
【図 1 0】



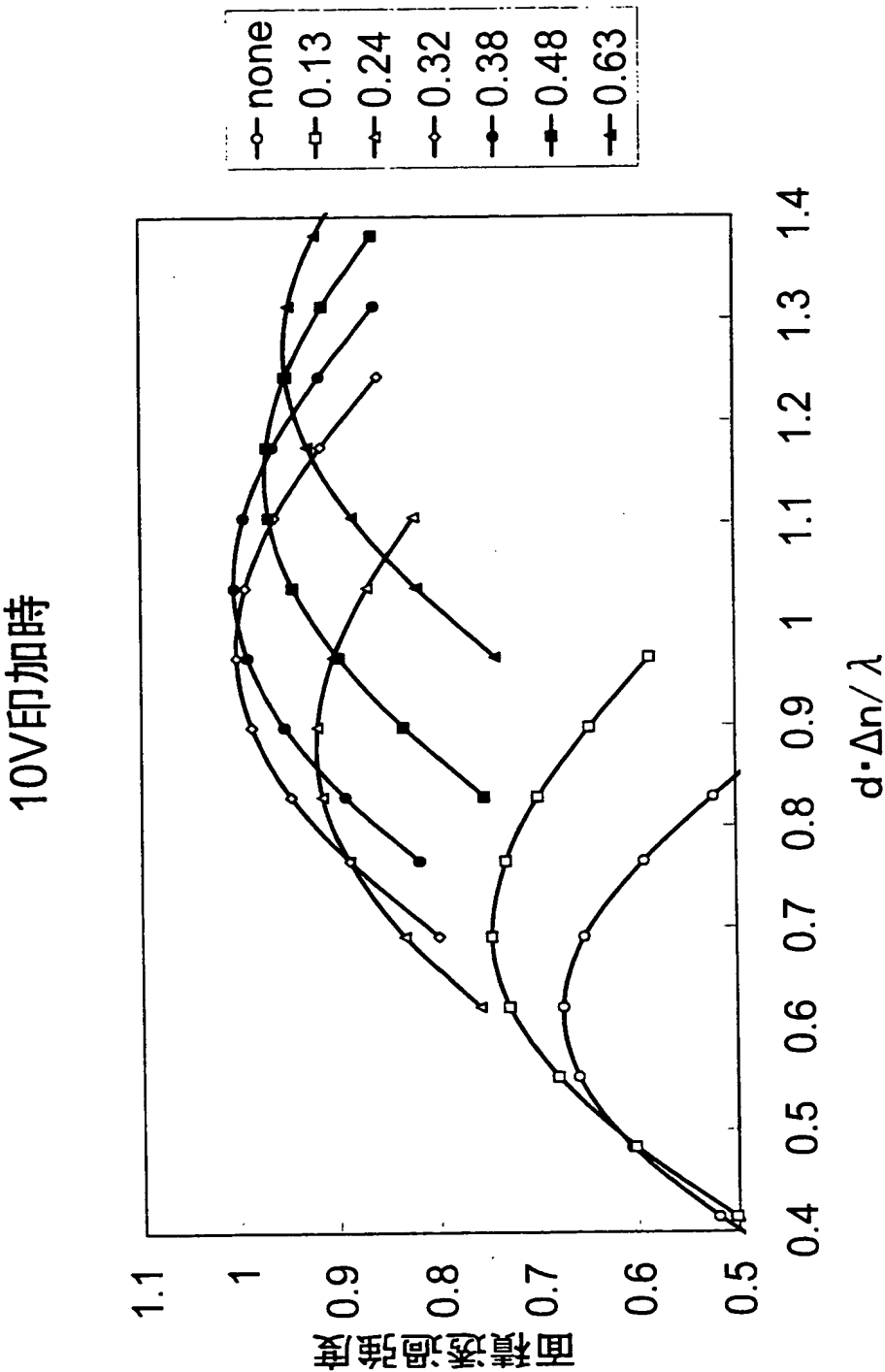
【図 11】



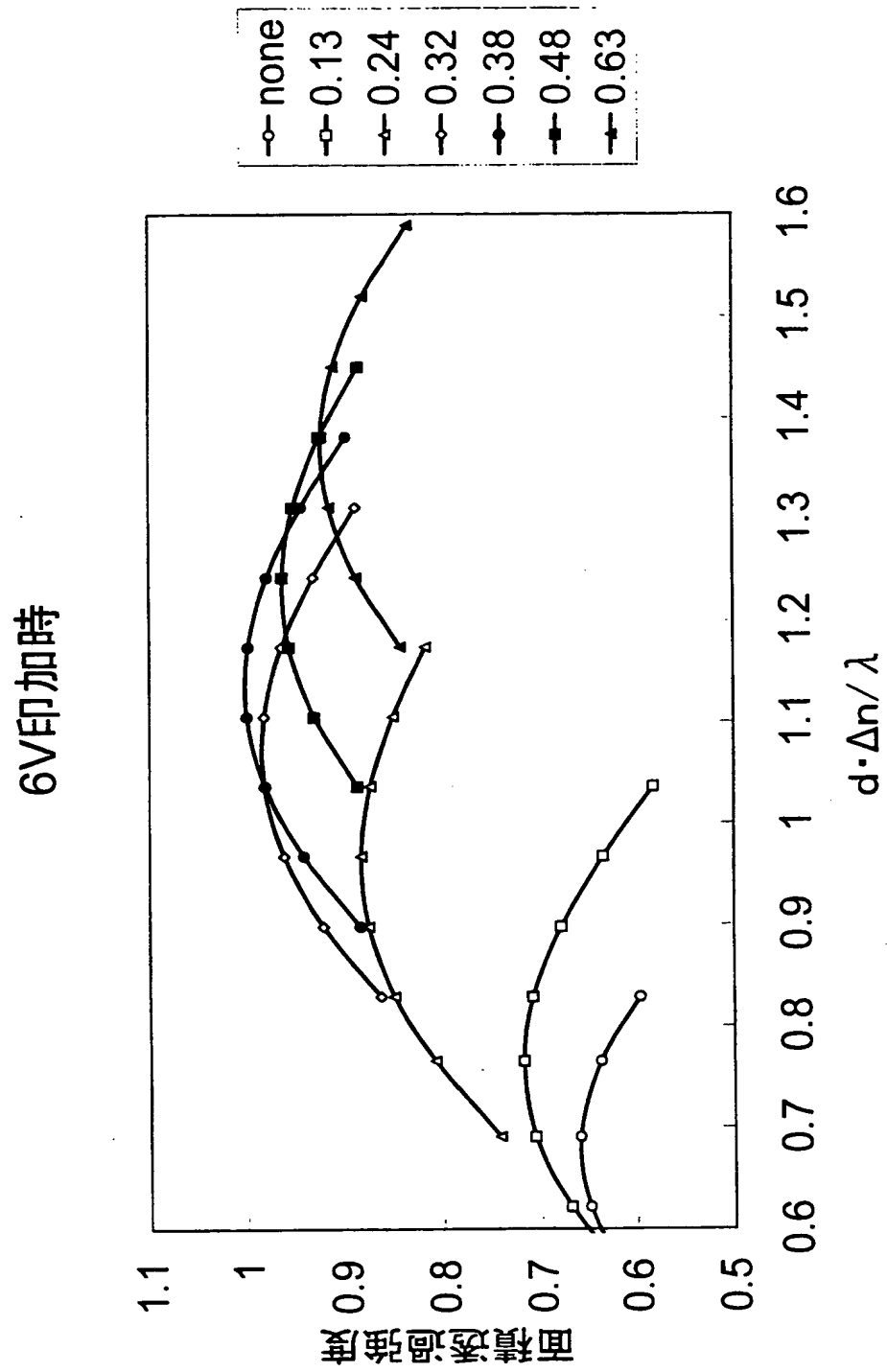
【図 12】



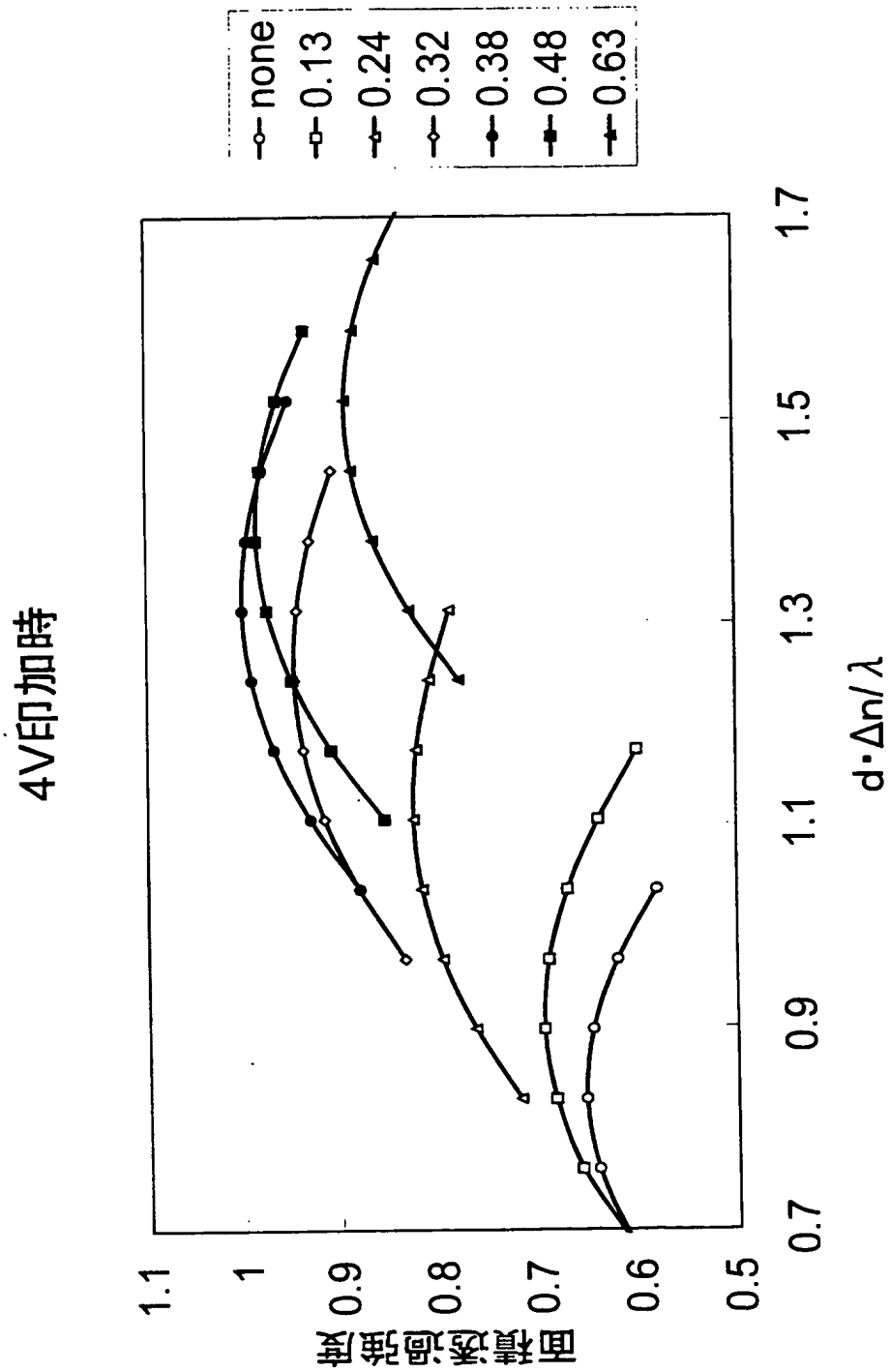
【図 13】



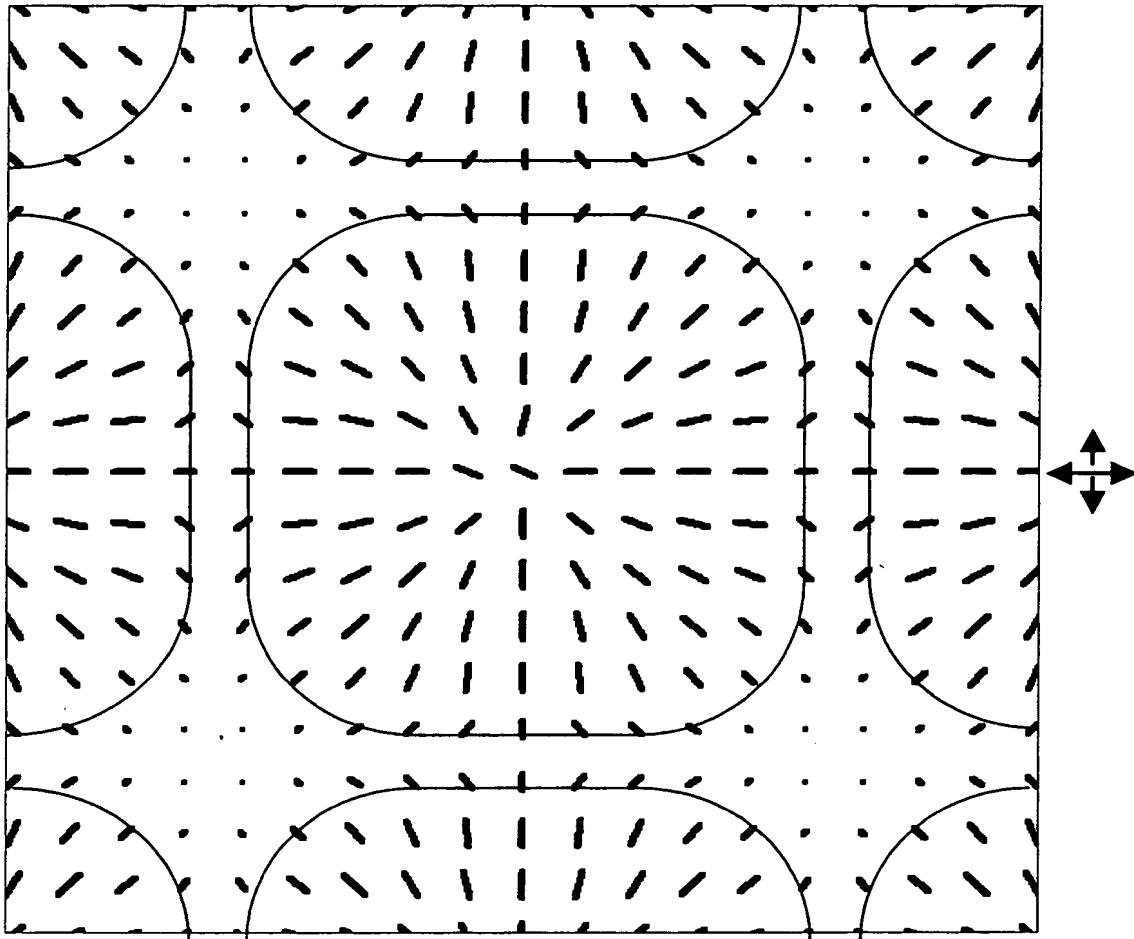
【図 14】



【図 15】



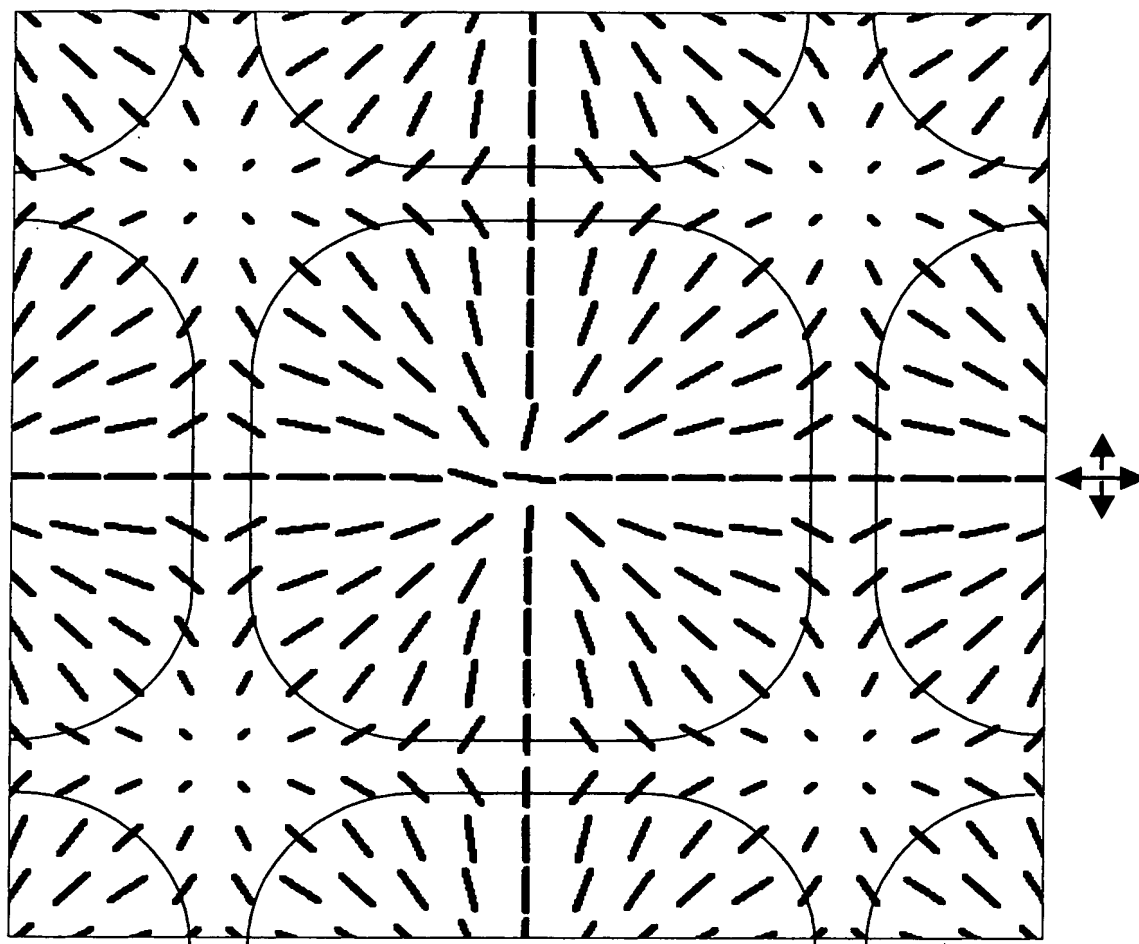
【図 16】



$p=0$   
 $d \cdot \Delta n = 380\text{nm}$   
対向電極表面付近

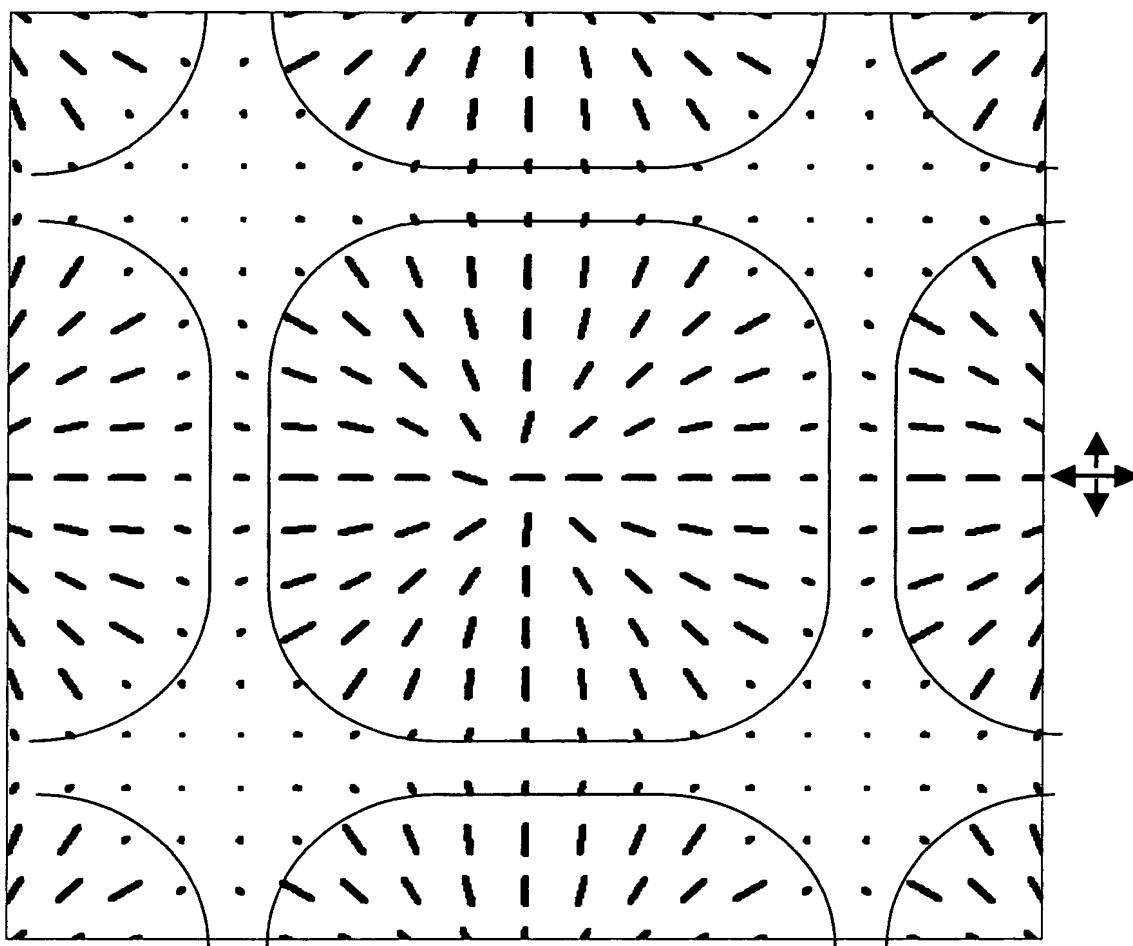


【図 17】



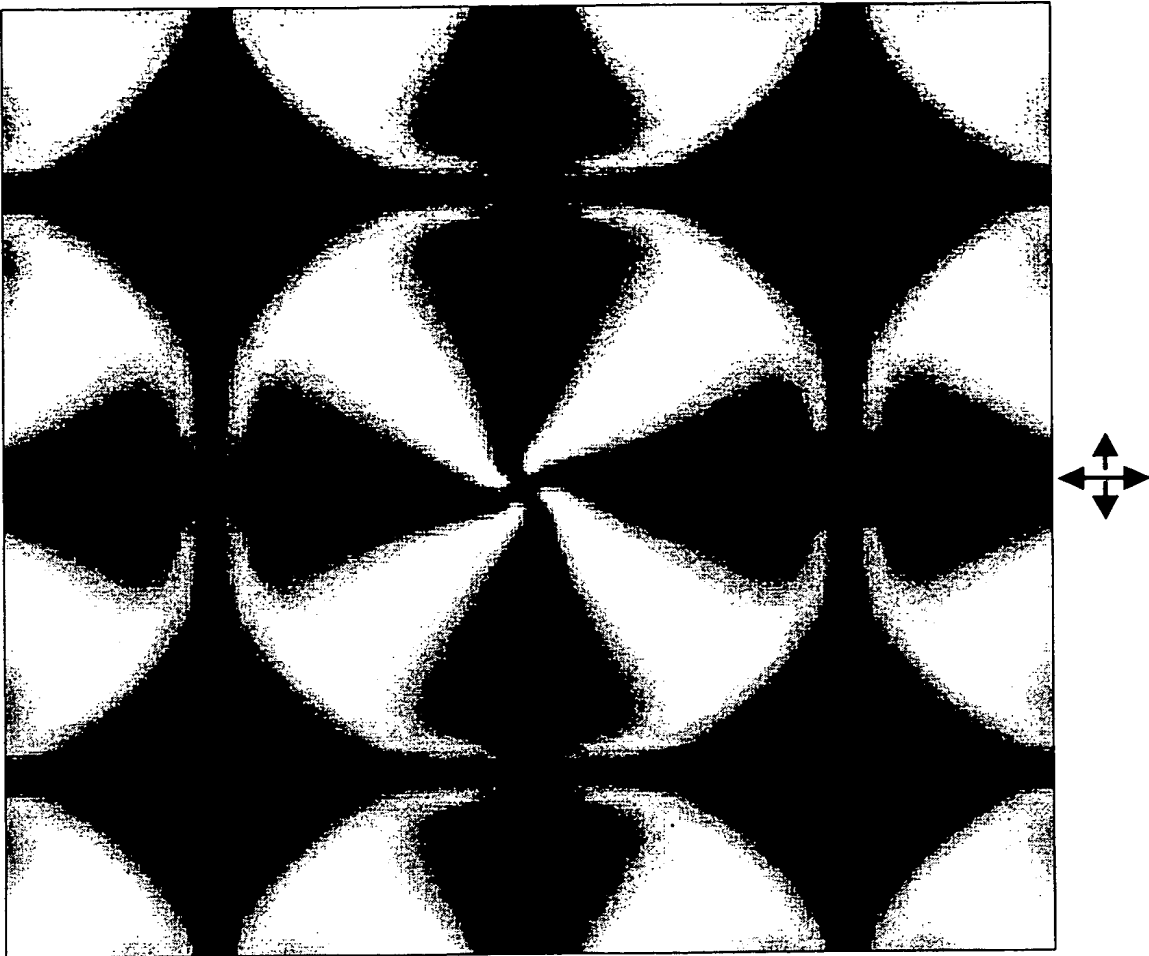
$p=0$   
 $d \cdot \Delta n = 380\text{nm}$   
液晶層中央付近

【図 1 8】

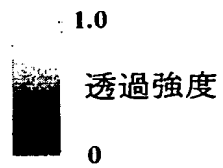


$p=0$   
 $d \cdot \Delta n = 380\text{nm}$   
 絵素電極表面付近

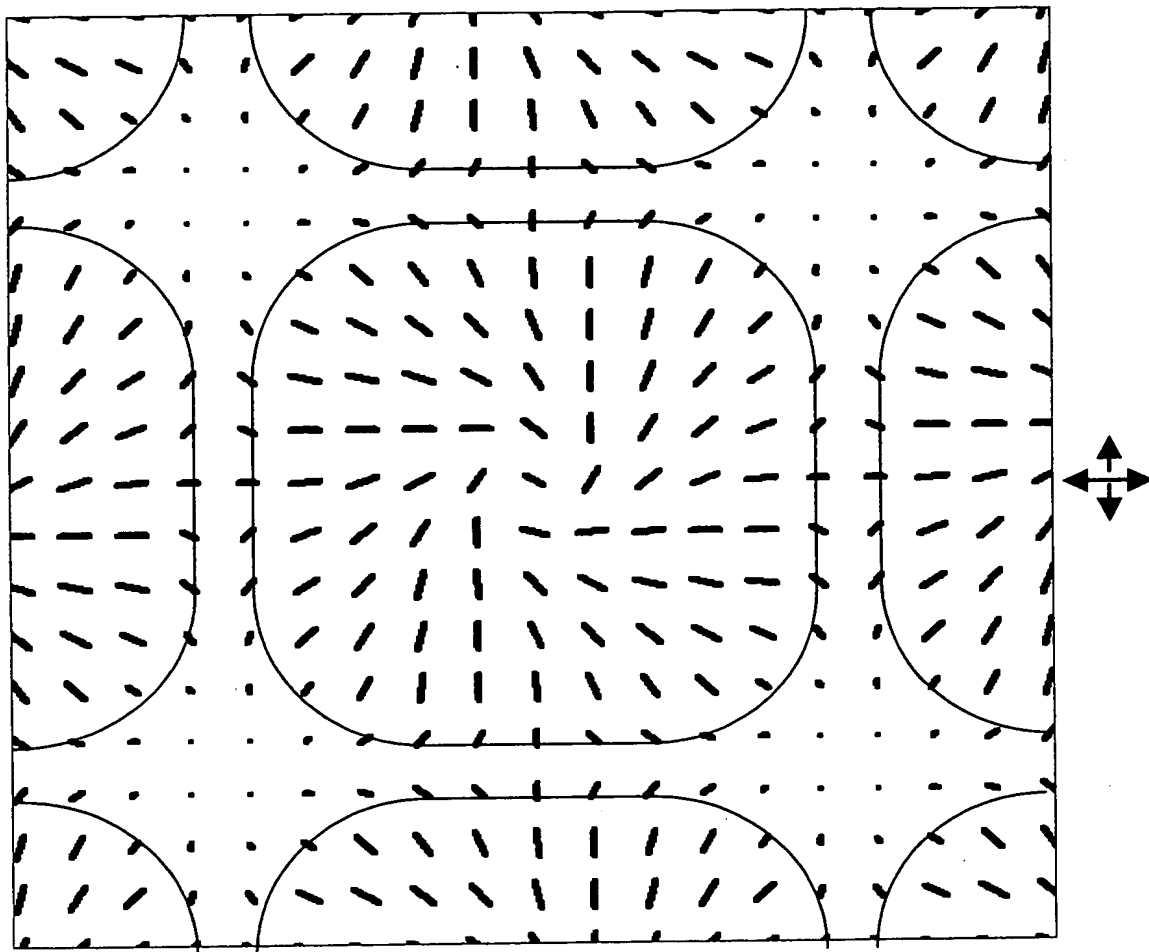
【図 1 9】



$p=0$   
 $d \cdot \Delta n=380\text{nm}$

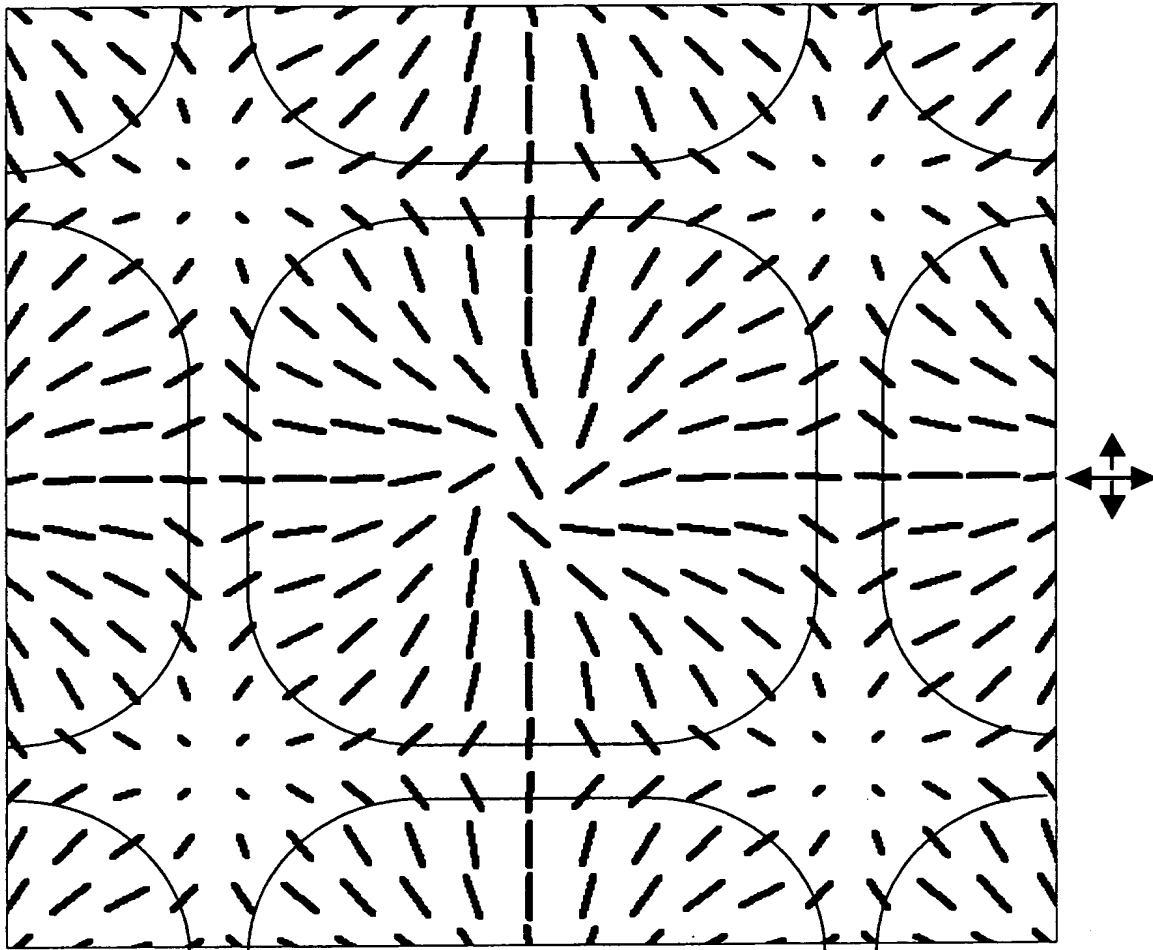


【図 2 0】



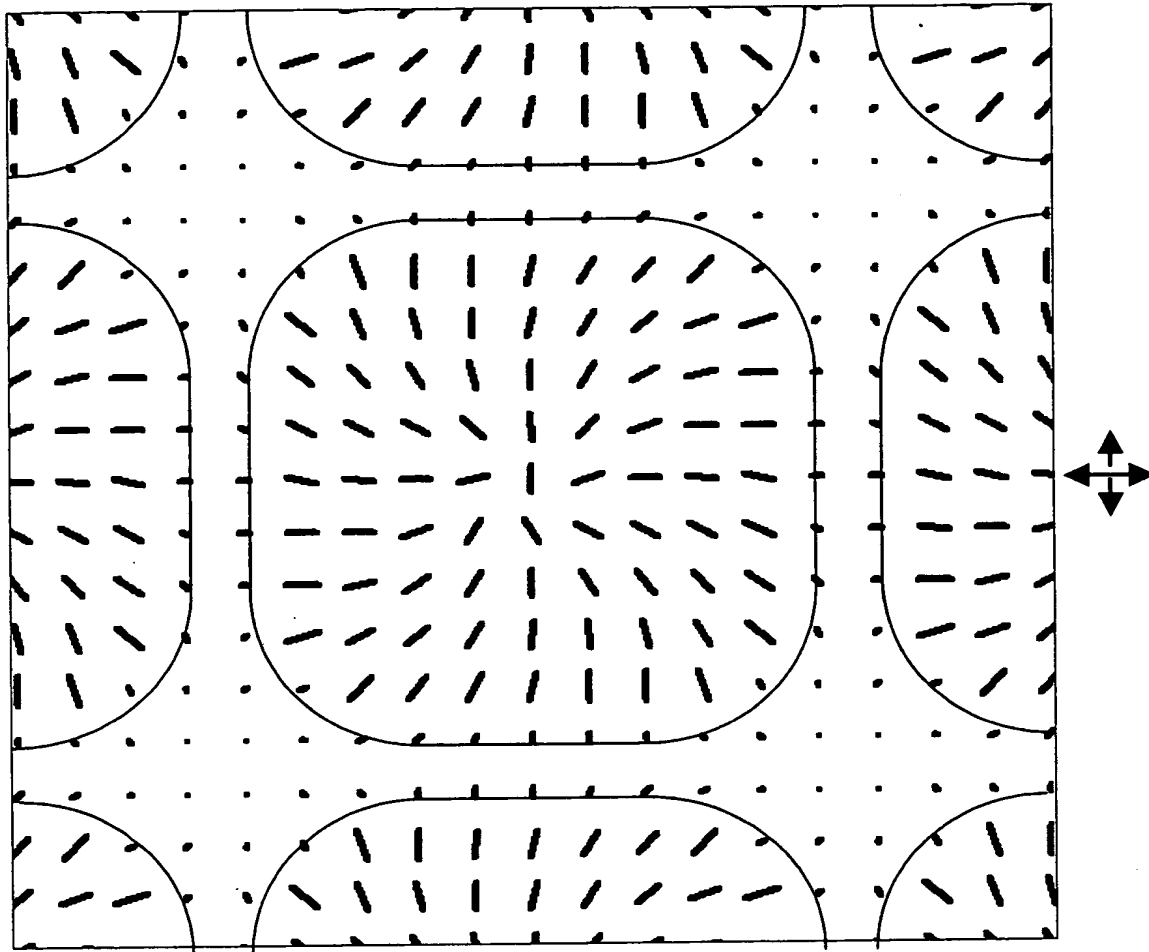
$d/p=0.13$   
 $d \cdot \Delta n=500\text{nm}$   
対向電極表面付近

【図 2 1】



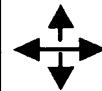
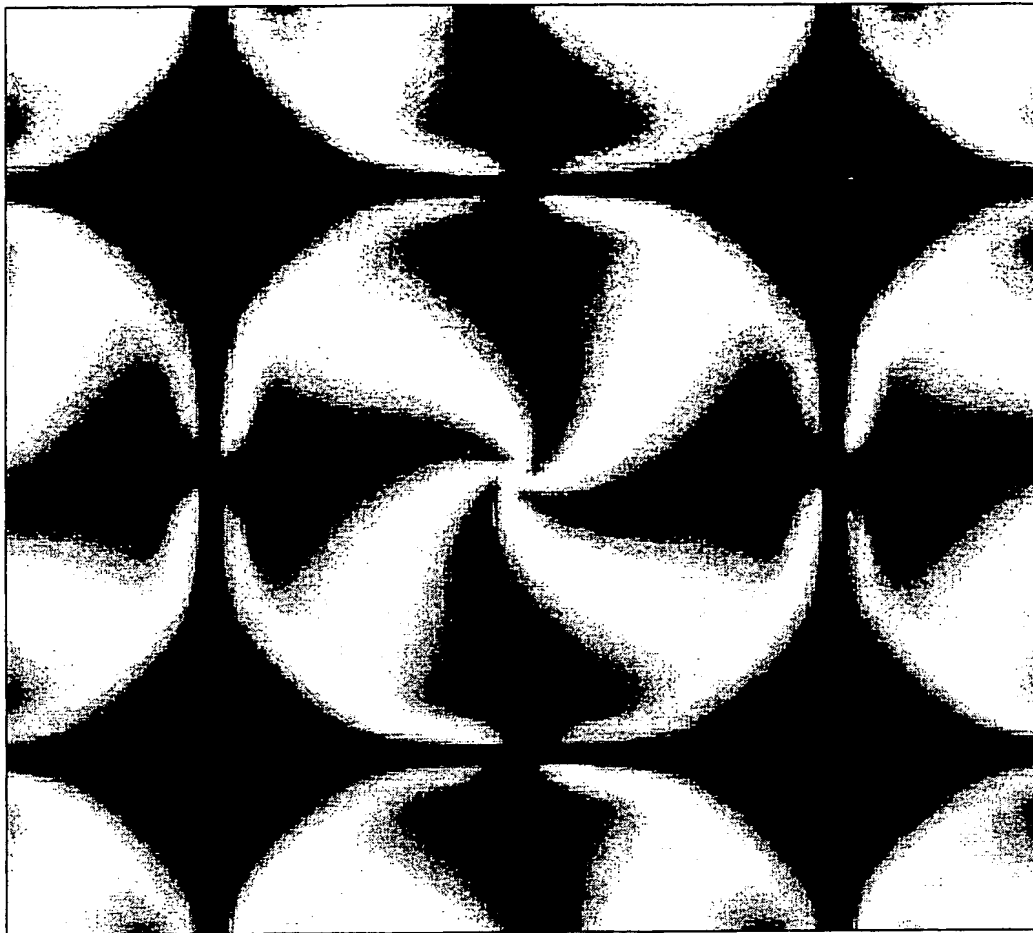
$d/p=0.13$   
 $d \cdot \Delta n=500\text{nm}$   
液晶層中央付近

【図 2 2】

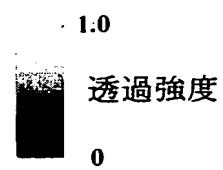


$d/p=0.13$   
 $d \cdot \Delta n=500\text{nm}$   
絵素電極表面付近

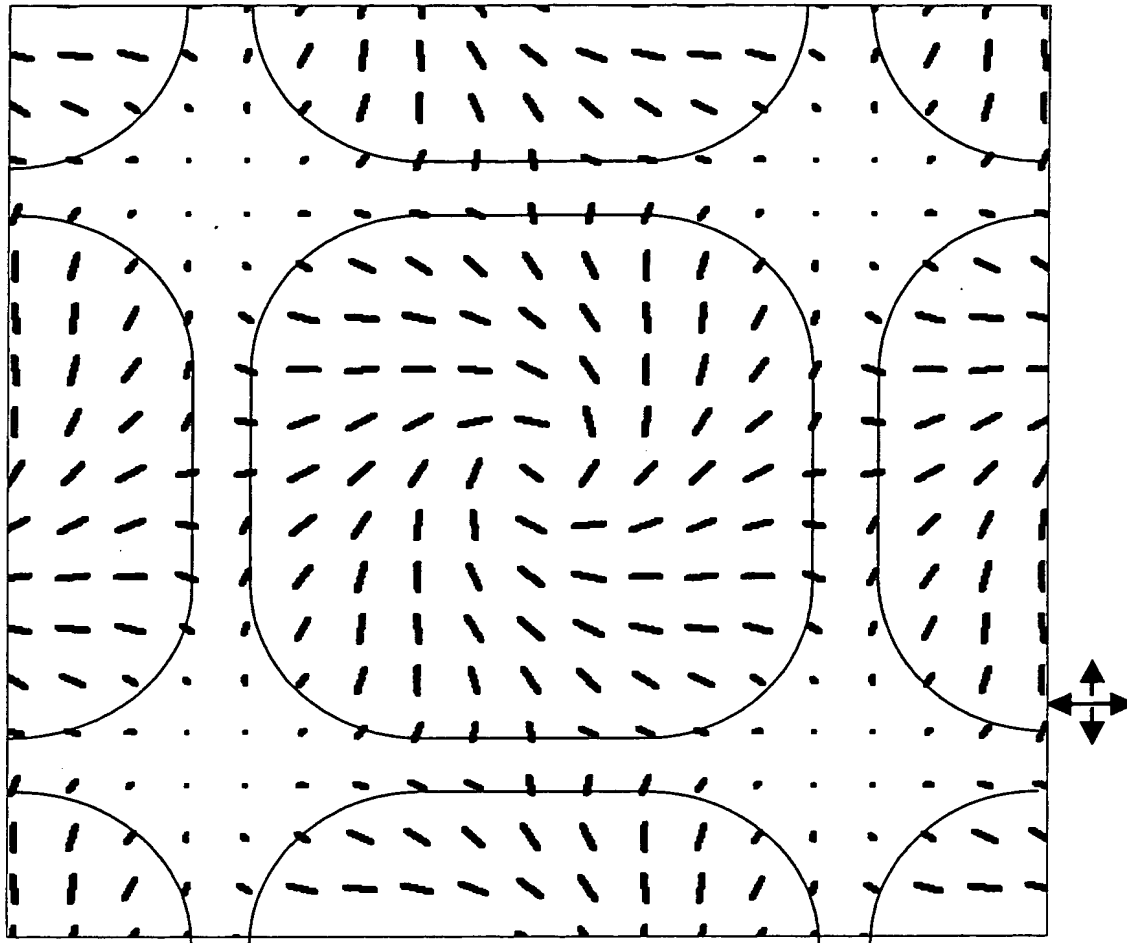
【図 2 3】



$d/p=0.13$   
 $d \cdot \Delta n=500\text{nm}$



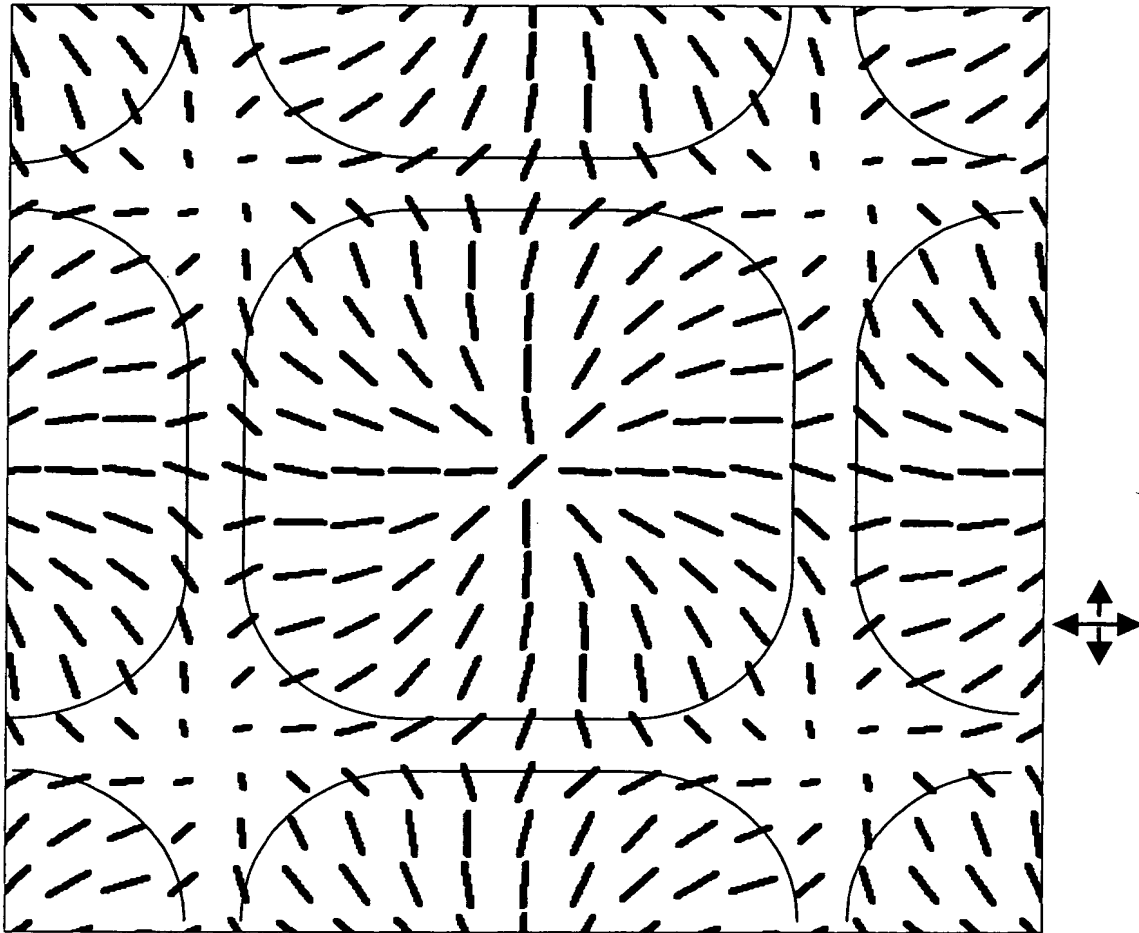
【図 2 4】



$d/p=0.38$   
 $d \cdot \Delta n=600\text{nm}$   
対向電極表面付近

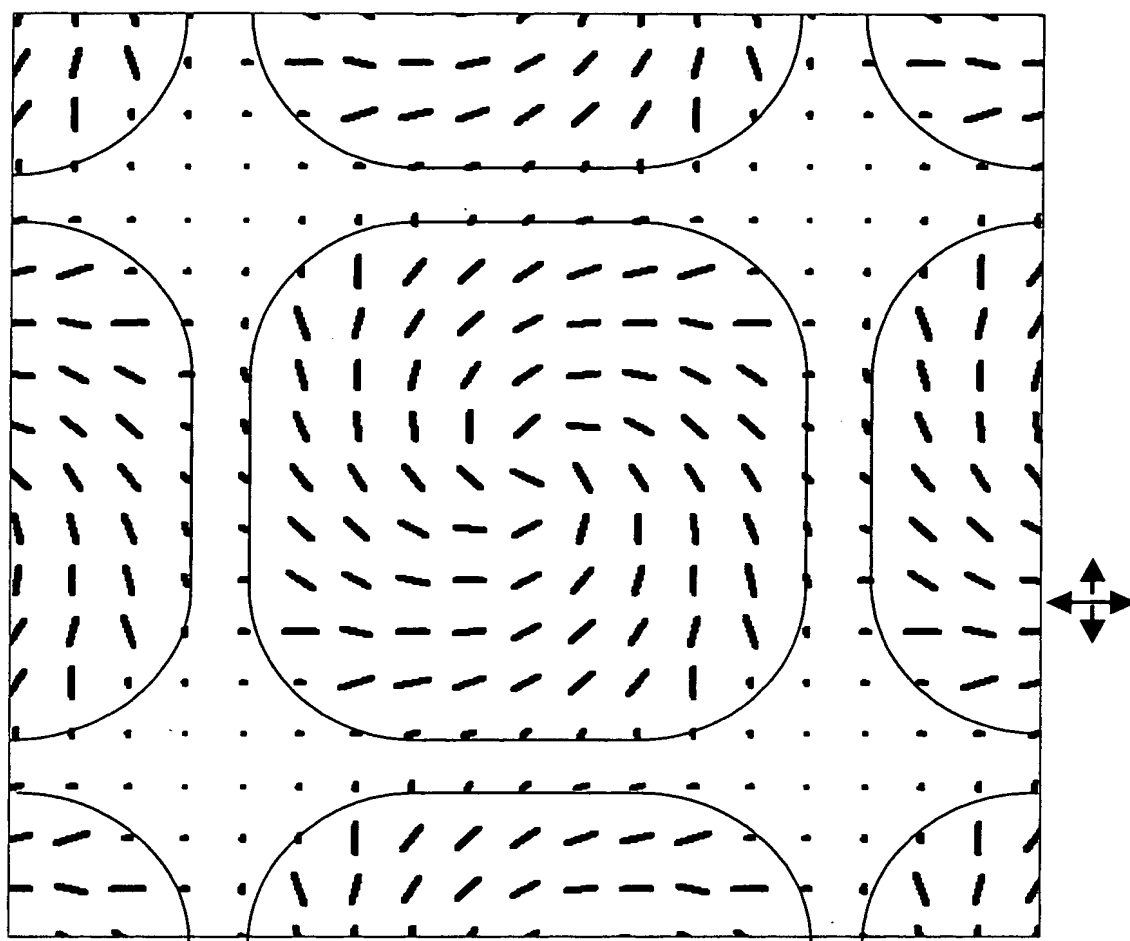


【図 2 5】



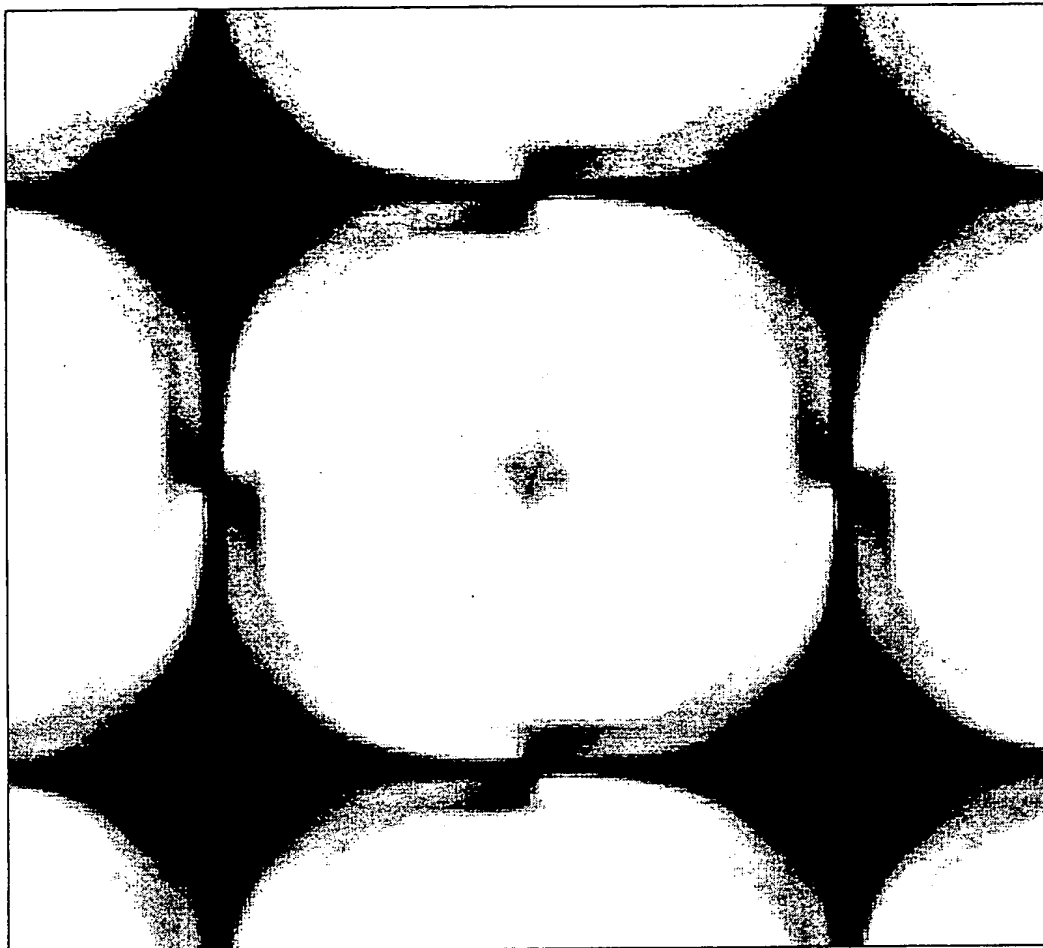
$d/p=0.38$   
 $d \cdot \Delta n=600\text{nm}$   
液晶層中央付近

【図 2 6】

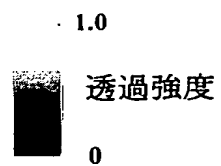


$d/p=0.38$   
 $d \cdot \Delta n=600\text{nm}$   
絵素電極表面付近

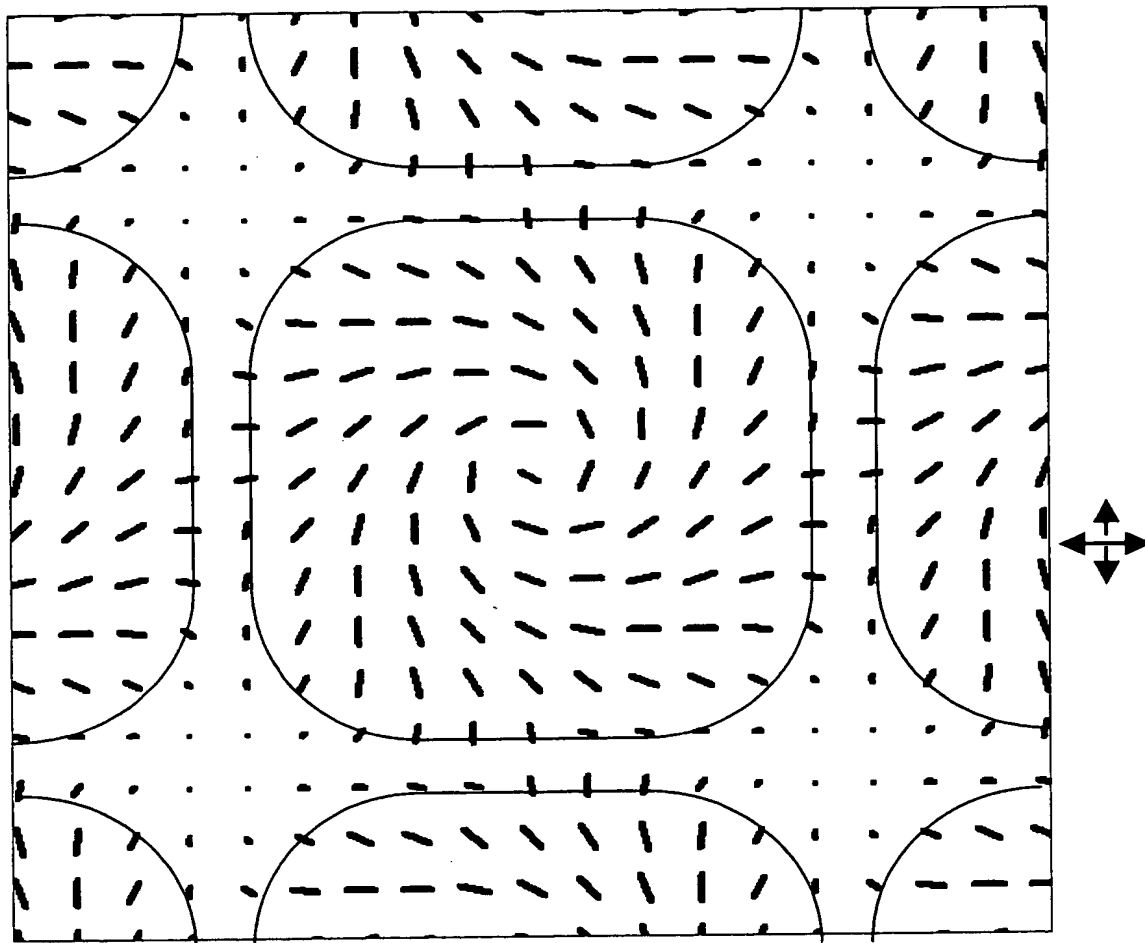
【図 2 7】



$d/p=0.38$   
 $d \cdot \Delta n=600\text{nm}$

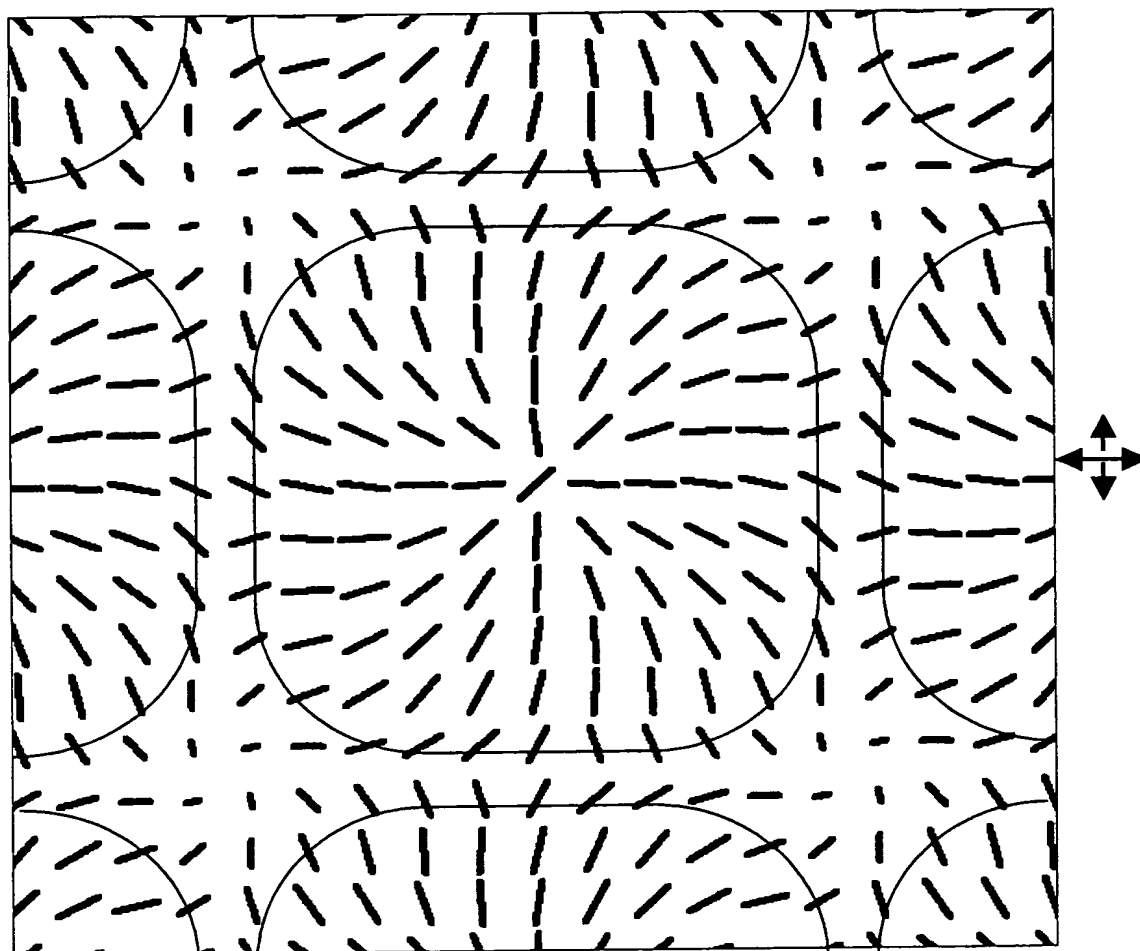


【図 2 8】



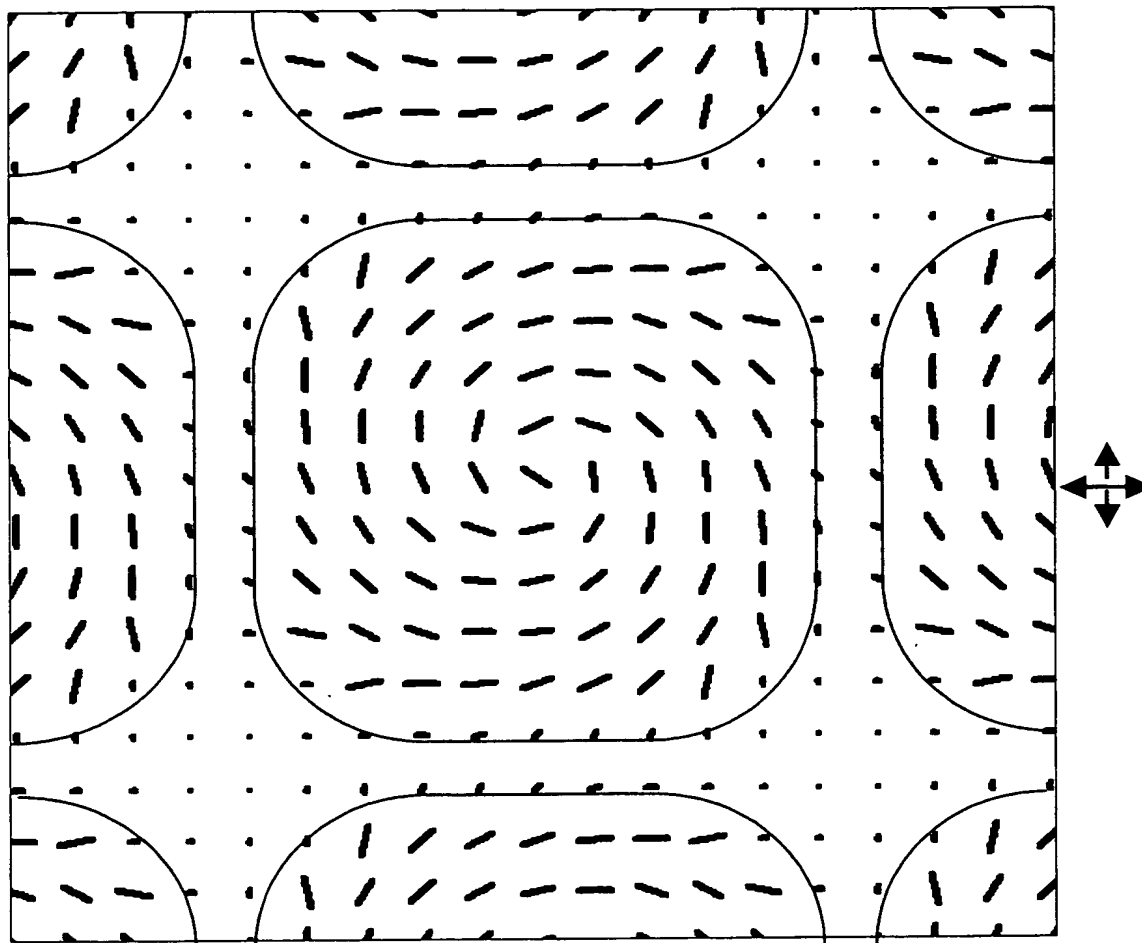
$d/p=0.48$   
 $d \cdot \Delta n=680\text{nm}$   
対向電極表面付近

【図 2 9】



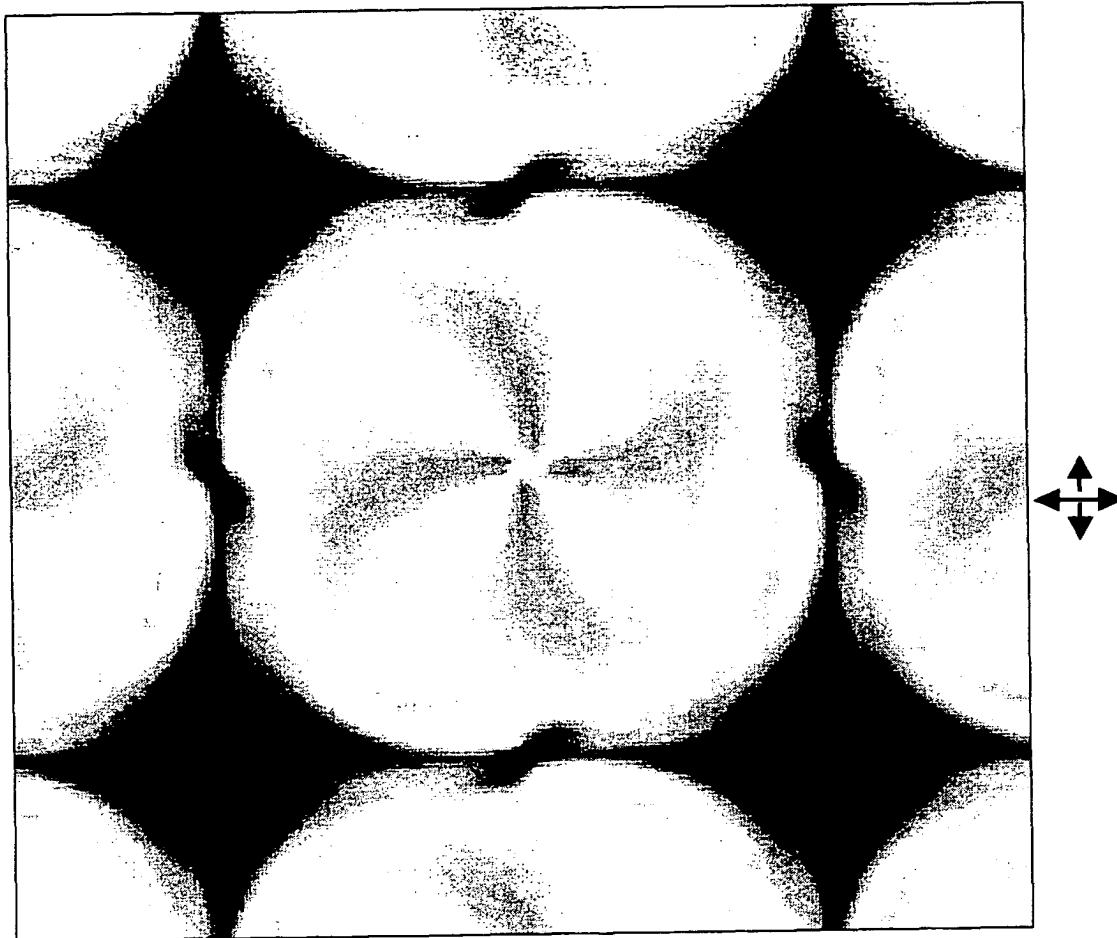
$d/p=0.48$   
 $d \cdot \Delta n=680\text{nm}$   
液晶層中央付近

【図 3 0】



$d/p=0.48$   
 $d \cdot \Delta n=680\text{nm}$   
 絵素電極表面付近

【図 3 1】



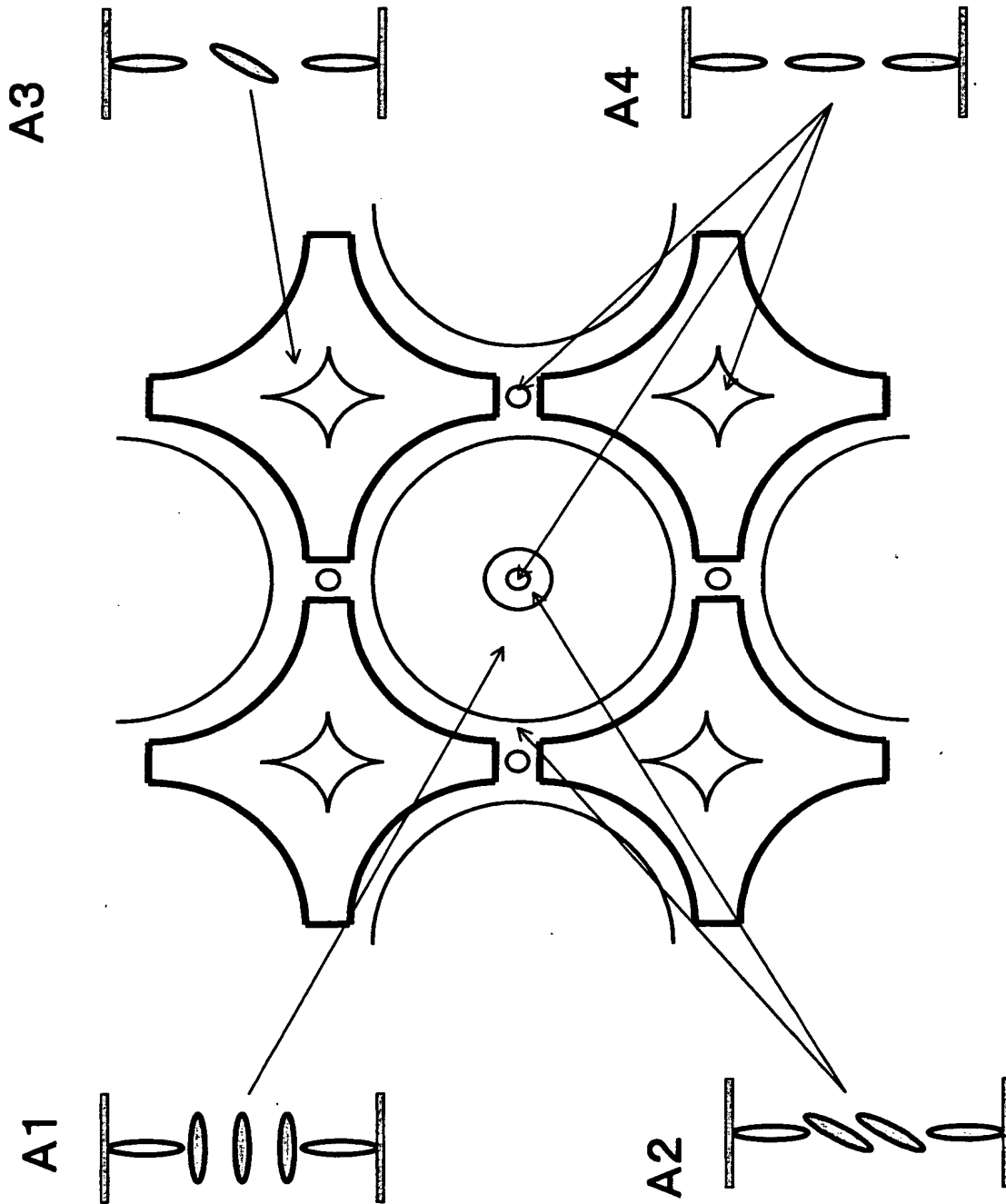
$d/p = 0.48$   
 $d \cdot \Delta n = 680 \text{ nm}$

1.0

透過強度

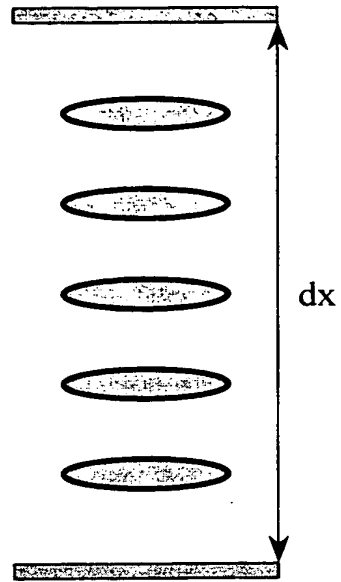
0

【図 32】

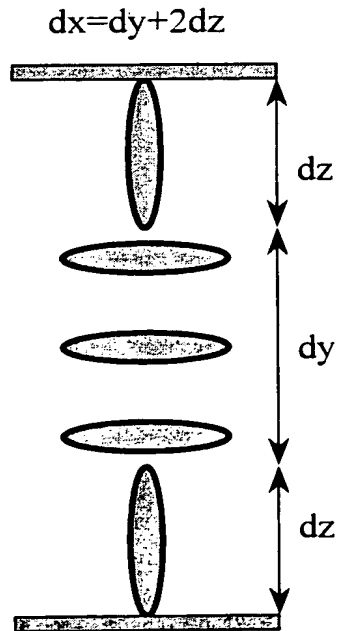




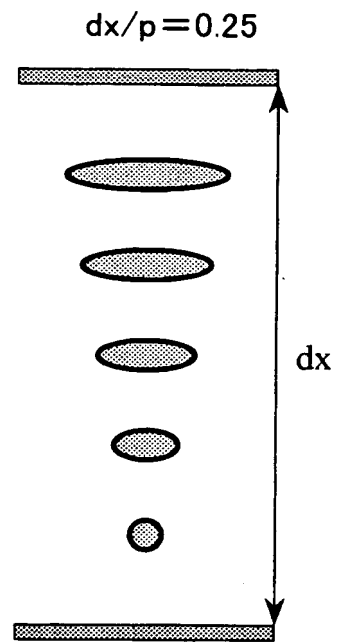
【図 3 3】



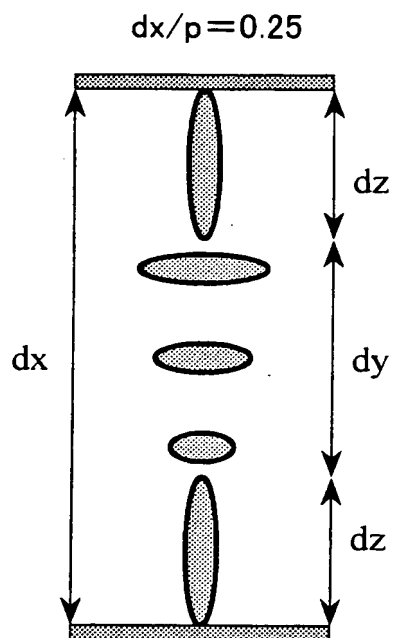
【図 3 4】



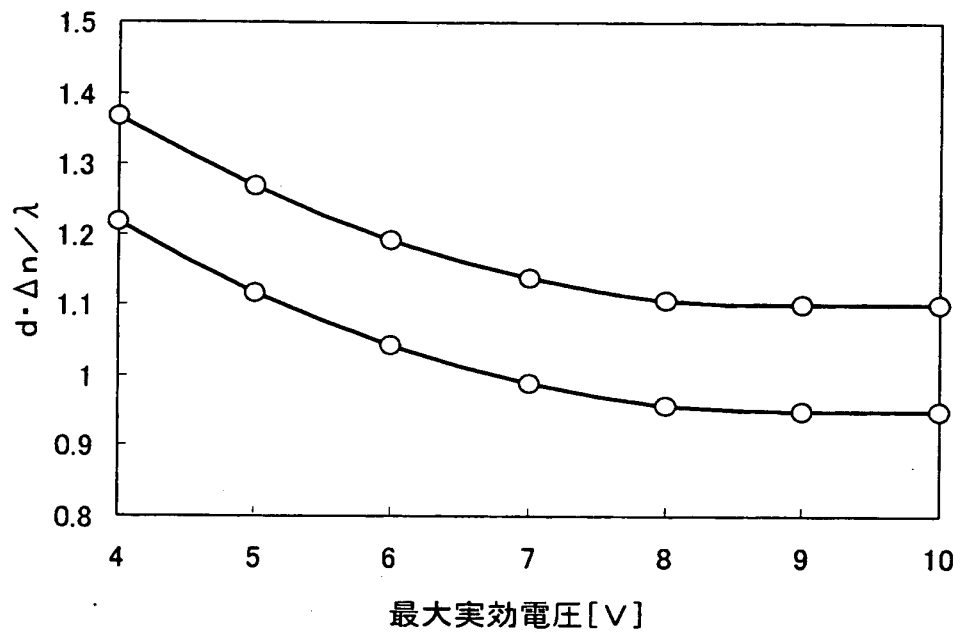
【図 3 5】



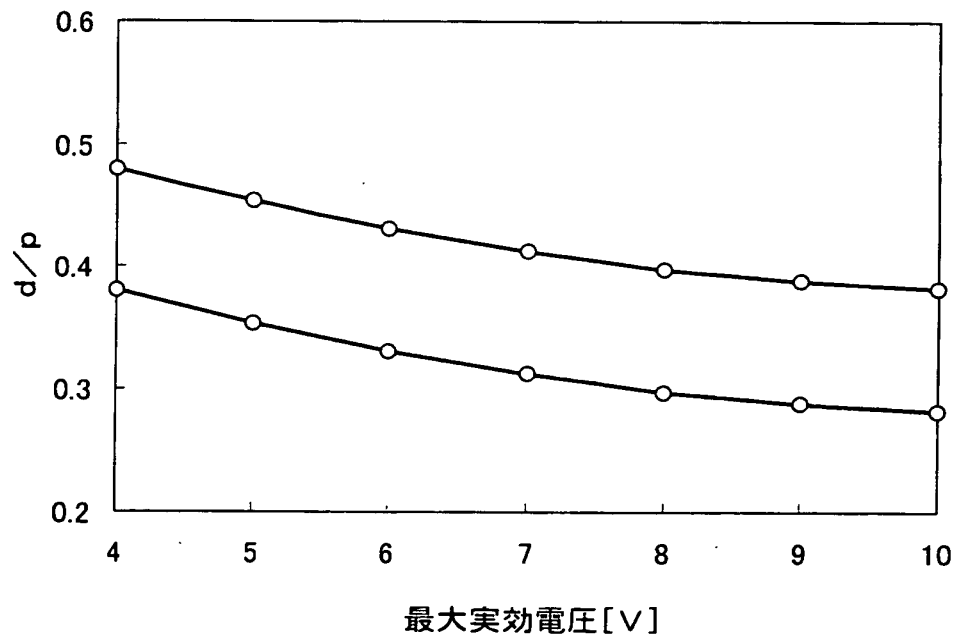
【図 3 6】



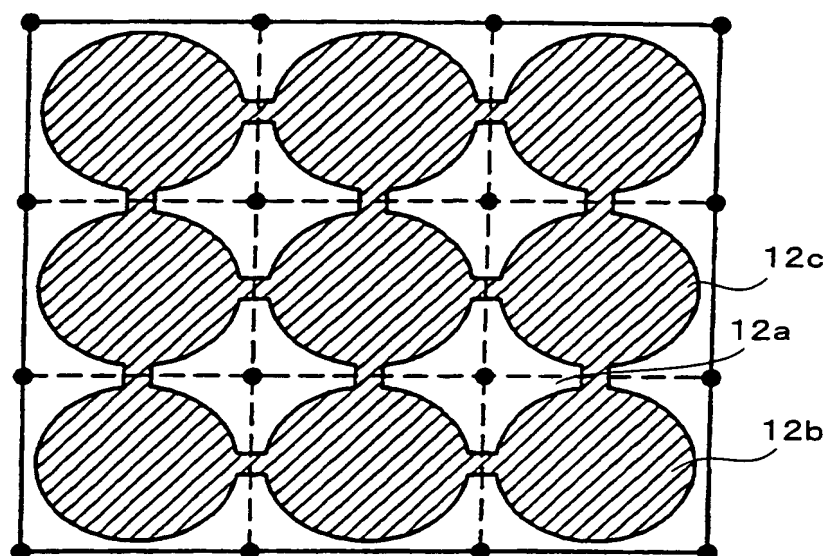
【図 3 7】



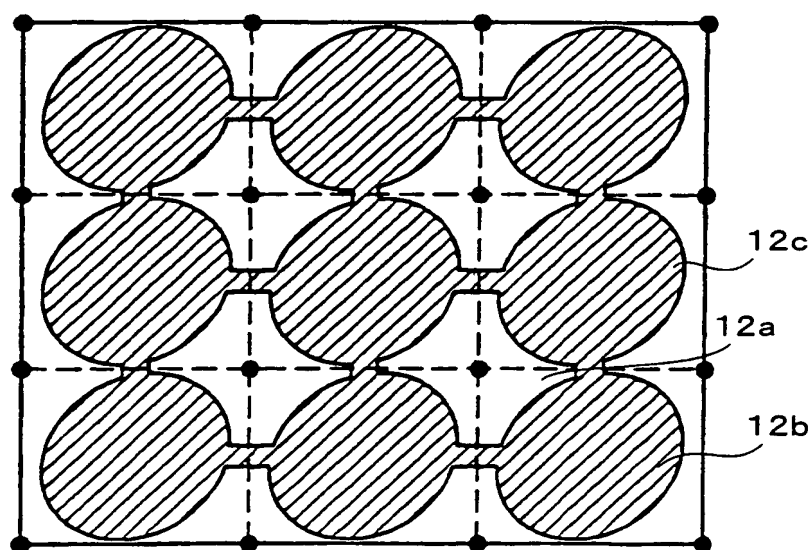
【図 3 8】



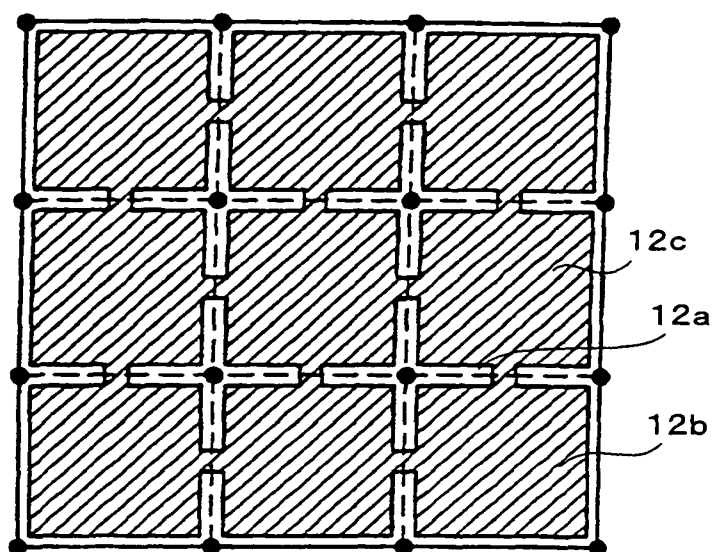
【図 3 9】



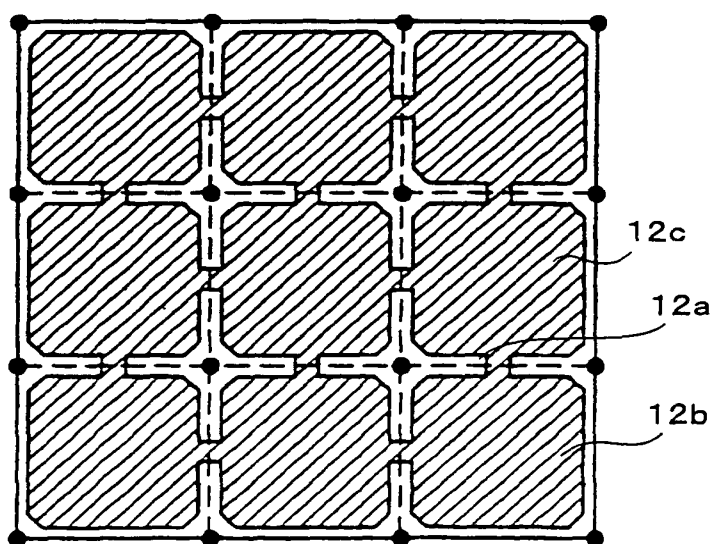
【図 4 0】



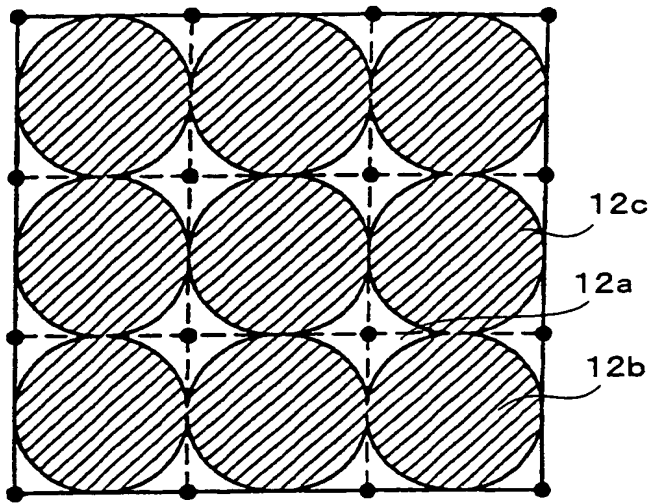
【図 4 1】



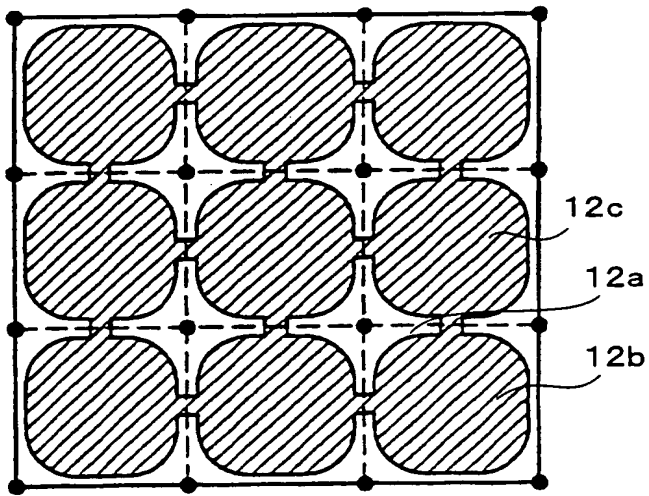
【図 4 2】



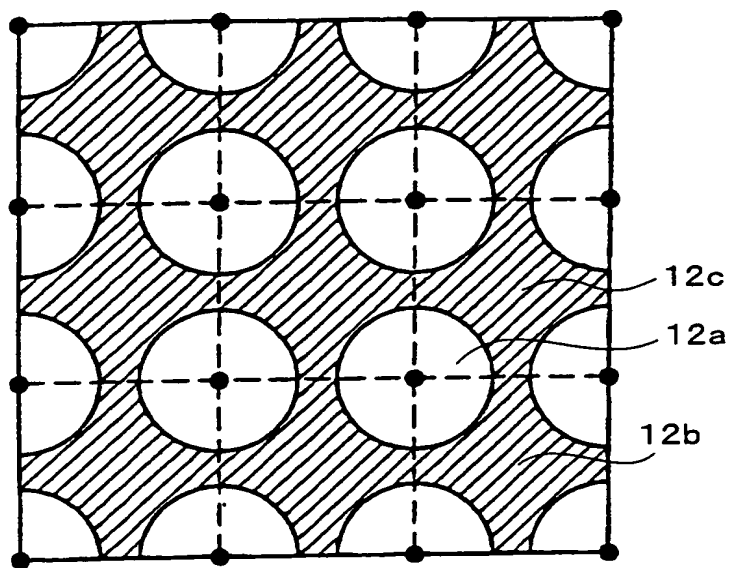
【図 4 3】



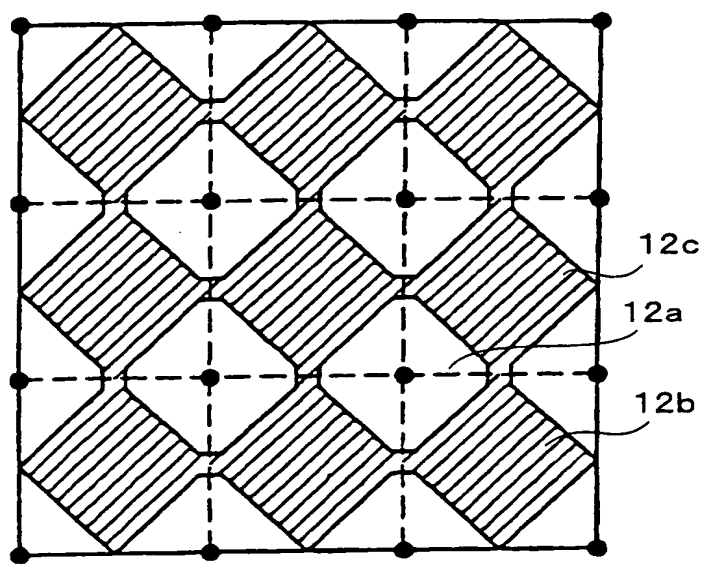
【図 4 4】



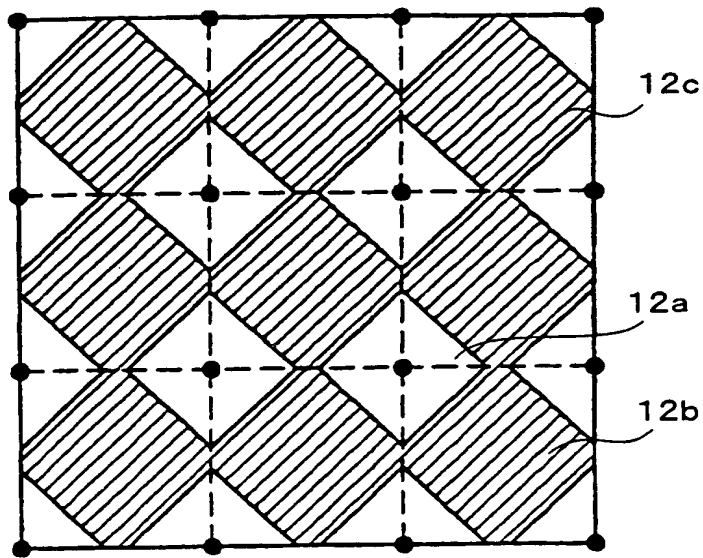
【図 4 5】



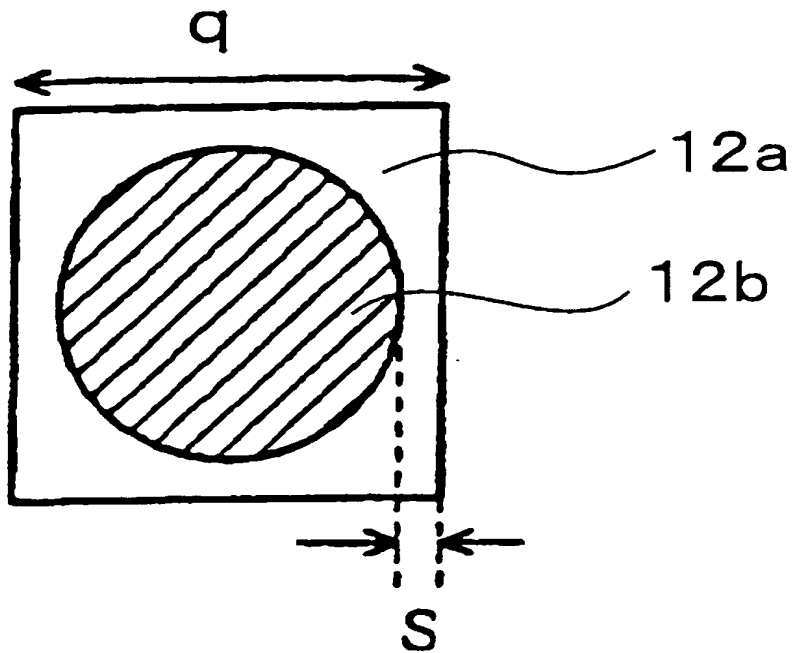
【図 4 6】



【図 4 7】

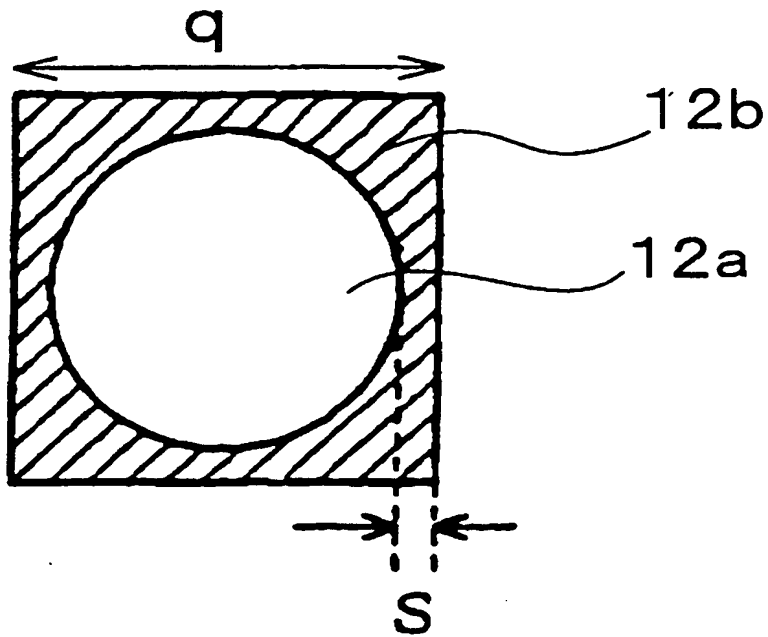


【図 4 8】

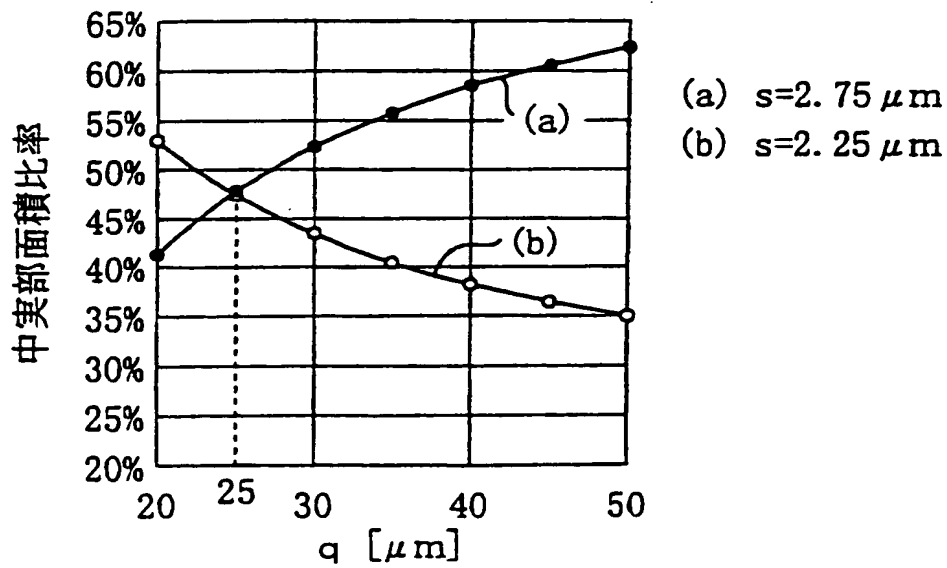




【図 4 9】



【図 5 0】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 垂直配向モードの液晶表示装置において、電圧印加時の配向方向の面内成分がクロスニコルに沿って配向するような液晶分子が存在していても、当該液晶分子に起因する消光模様を使用者が認識できない液晶表示装置を確実に提供する。

【解決手段】 垂直配向モードの液晶表示装置の液晶層に印加される最大印加実効電圧を  $V_{max}$  [V] とするとき、液晶層の  $d/p$  を、 $0.0021 \times (V_{max})^2 - 0.0458 \times (V_{max}) + 0.65$  と、 $0.0021 \times (V_{max})^2 - 0.0458 \times (V_{max}) + 0.50$  との間に設定し、液晶層の  $d \cdot \Delta n / \lambda$  を、 $-0.00026 \times (V_{max})^3 + 0.016 \times (V_{max})^2 - 0.2281 \times (V_{max}) + 2.124$  と、 $-0.00026 \times (V_{max})^3 + 0.016 \times (V_{max})^2 - 0.2281 \times (V_{max}) + 1.7603$  との間に設定する。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 5 0 4 9 ]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[ 変更理由 ] 新規登録

住 所 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号  
氏 名 シャープ株式会社